



SAVONIA

Prosessinesteiden käsittelyjärjestelmän ohjauksen kehittäminen

Siemens S7 -1200 ohjelmointi ja käyttöönotto

Hannu Timonen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Hannu Timonen			
Työn nimi Prosessinesteiden käsittelyjärjestelmän ohjauksen kehittäminen			
Päiväys	11.5.2013	Sivumäärä/Liitteet	51 / 69
Ohjaaja(t) lehtori Asko Tikanoja ja yliopettaja Ari Suopelto			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Bauer Watertechnology Oy / projekti-insinööri Toni Mähönen			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Työ tehtiin Bauer Watertechnology Oy:lle. Yritys on kehittänyt prosessinesteiden käsittelyjärjestelmiä teollisuuden tarpeisiin 9 vuoden ajan. Yrityksen päätuotteena ovat kemikaalittomat vedenkäsittelylaitteet.</p> <p>Työn tarkoituksena oli kehittää Bauer Cobolt -prosessinesteiden käsittelyjärjestelmän ohjausta. Ohjausta kehitettiin vaihtamalla nykyaikaisempi logiikka, johon suunniteltiin uusi ohjelma. Tavoitteena oli tehdä järjestelmälle käyttöönotto, joka sisältää etäkäytön ja paremmat käyttöominaisuudet. Käyttöliittymän grafiikoiden suunnittelu oli myös työn keskeisimpiä tavoitteita. Lisäksi työssä tutkittiin, mitä parannuksia logiikan vaihdolla saavutetaan ja mitä mahdollisuuksia logiikka antaa aiemmin käytettyjen releiden sijaan. Bauer Cobolt -tuotteiden antamia hyötyjä tutkittiin haastatteleamalla Takoma Oyj:n konserniin kuuluvan Hervannan koneistus Oy:n käyttökokemuksia.</p> <p>Tuloksena saatiin toimiva logiikkaohjelma, joka käyttöönotettiin. Etäyhteys mahdollistaa yritykselle yli 50 000 € säästöt vuodessa. Logiikkaohjauksen etäyhteyttä ei saatu tehtyä opinnäytetyön aikana.</p>			
Avainsanat			
leikkuuneste, prosessinesteen käsittely, prosessinesteiden käsittelyjärjestelmä, logiikka			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Hannu Timonen			
Title of Thesis Control Development of Process Liquid Treatment Systems			
Date	11 May 2013	Pages/Appendices	51 / 69
Supervisor(s) Mr Asko Tikanoja, Lecturer and Mr Ari Suopelto, Principal Lecturer			
Client Organisation/Partners Bauer Watertechnology Oy / Mr Toni Mähönen, Project Engineer			
<p>Abstract</p> <p>This final year project was done for the Bauer Watertechnology corporation. The company has developed process fluid treatment systems for 9 years for the needs of industry. The company's main products are chemical-free water treatment devices.</p> <p>The aim of the final year project was to develop the control of the treatment systems of Bauer Cobolt. The control was developed by changing over to a more modern logic controller on which new program was planned. The goal was to introduce of the system which includes remote access and better operating features. Another goal was the planning of the graphics of the user interface.</p> <p>The final year project was done by researching which improvements the replacement offers and which option the logic gives compared to the relays which were previously used. Benefits of Bauer Cobolt products were researched by interviewing Takoma PLC, Hervannan koneistus Ltd.'s user experiences.</p> <p>The result of this final year project was a functional logic program which was also implemented. The remote access gives the company more than 50 000 € savings per year. The remote access of the logic controller could not be completed during this final year project process.</p>			
<p>Keywords</p> <p>cutting fluid, process treatment, process liquid treatment systems, logic</p>			

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	LEIKKUUNESTEET	8
3	BAUER WATERTechnology Oy.....	10
3.1	Bauer Cobolt -prosessinesteiden käsittelyjärjestelmä.....	10
3.2	Järjestelmän huolto	11
3.3	Prosessinesteen ohjauksen historia ja kehitys.....	12
3.4	Kehityshanke.....	13
4	PROSESSINESTEEN KÄSITTELYN KONKREETTISET HYÖDYT	15
5	OHJELMOITAVA LOGIIKKA	17
5.1	Ohjelmointityökalut ja kielet	17
5.2	Rakenne ja liitännät	18
5.2.1	Analogiset ja digitaaliset tuloliitännät	18
5.2.2	Analogiset ja digitaaliset lähtöliitännät.....	19
5.2.3	Keskusyksikkö (CPU), tiedonsiirto ja teholähde	19
5.3	Kenttäväylät.....	19
5.4	VPN-salaus.....	20
5.5	Kenttäväyläprotokolla.....	20
5.6	Kenttälaitteet	20
5.6.1	Induktiivinen lähestymiskytkin.....	21
5.6.2	Kapasitiivinen lähestymiskytkin.....	21
5.6.3	Uimuriskytkin	21
6	TIA PORTAL V 11.....	22
7	PROSESSIN TOIMINNAN KUVAUS	23
8	OHJELMAN TOTEUTUS	26
8.1	Automaattiohjaus	26
8.2	Viikkokello-ohjaus.....	29
8.3	Manuaaliohjaus	30
8.4	Merkkivalot ja hälytykset	31
8.5	Käyttöliittymän toiminta ja ulkoasu.....	33
9	KÄYTTÖÖNOTTO	37
10	TULOKSET.....	43
10.1	Siemens LOGO!-n ominaisuuksia	43
10.2	Siemens S7-1200:n ominaisuuksia.....	44
10.3	Logiikan valinta SWOT-analyysin perusteella	44

10.4	Etäyhteyden mahdollistamat kustannussäästöt	45
10.5	Logiikkaohjauksen hyödyt releohjaukseen verrattuna	46
11	YHTEENVETO.....	48
	LÄHTEET	50

LIITTEET

Liite 1 Opinnäytetyön työsuunnitelma

Liite 2 Järjestelmän käyttöönottosuunnitelma

Liite 3 Automaattiohjaus

Liite 4 Työ- ja tauko-ohjaukset

Liite 5 Viikkokello-ohjaus

Liite 6 Huollon ilmoitukset

Liite 7 Manuaaliohjaus

Liite 8 Hälytykset ja kuittaukset

Liite 9 Paine pumpun käyntikapasiteetti

Liite 10 Tagilista

Liite 11 Tiedostoyksikkö

Liite 12 Käyttöliittymän layoutit

1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä kehitetään Bauer Cobolt -keskusjärjestelmän ohjausta. Lisäksi työssä käsitellään Bauer Cobolt -prosessinesteenkäsittelytuotteita ja niillä saavutettavia tuloksia prosessinesteiden käsittelyssä. Konkreettisia tuloksia saadaan Tampereelta Hervannan koneistukselta, jossa käydään vierailulla kevään aikana. Aiemmin käytetyn ja uuden logiikan ominaisuuksia vertaillaan keskenään, mistä tehdään johtopäätökset, mitä hyötyjä logiikan vaihdosta on. Työssä selvitetään, mistä Bauer Cobolt -tuotteet saivat alkunsa ja miten niiden ohjaus on kehittynyt vuosien saatossa. Opinnäytetyö pohjautuu ohjelmoitaviin logiikoihin, minkä vuoksi lukijalle selvitetään, mitä ohjelmoitavat logiikat on ja minkälaisilla menetelmillä automaattisia järjestelmiä toteutetaan.

Siemens S7-1200 -logiikan ohjelmoimiseen käytetään TIA Portal V 11 -ohjelmaa, josta ei ollut aiempaa käyttökokemusta. Toteutetun ohjelman kaikki virtapiirit käydään läpi ja kerrotaan, minkälaisiin ohjelmointiratkaisuihin päädytään.

Järjestelmän käyttöönotosta kerrotaan, minkälaisia ongelmia kohdataan ja miten ongelmat ratkaistaan. Raportin lopussa käsitellään, minkälaisia taloudellisia säästöjä S7-1200-logiikalla saavutetaan verrattuna LOGO!-logiikkaan ja mitä hyötyjä logiikalla saavutetaan aiemmin käytettyjen releiden sijaan.

2 LEIKKUUNESTEET

Leikkuunesteitä käytetään metallintyöstämisessä syntyvän lämmön ja kitkan poistamiseen sekä metallilastujen poistamiseen työstettävästä kohdasta. Metallin työstämisellä tarkoitetaan sorvaamista, poraamista tai hiontaa. Metallin työstämiseen käytettyjä leikkuunesteitä ovat leikkuuöljyt, emulsiot, puolisynteettiset, synteettiset ja ympäristöystävälliset leikkuunesteet. Yleisimpiä leikkuunesteitä ovat emulsiot, jossa leikkuunestetiiviste laimennetaan vedellä 2 – 10 %:n vahvuiseksi liuokseksi. Vesi jäädyttää ja liuottaa käytettävää leikkuunestettä. Liuoksen laatu pysyy tasaisena emulgaattoreiden avulla. Emulgaattoreina käytetään synteettisiä vesipesuaineita, saippuita ja rasva-alkoholeja. Emulsion tiiviste sisältää 5 – 20 % emulgaattoria. (Puustinen 2010, 8.)

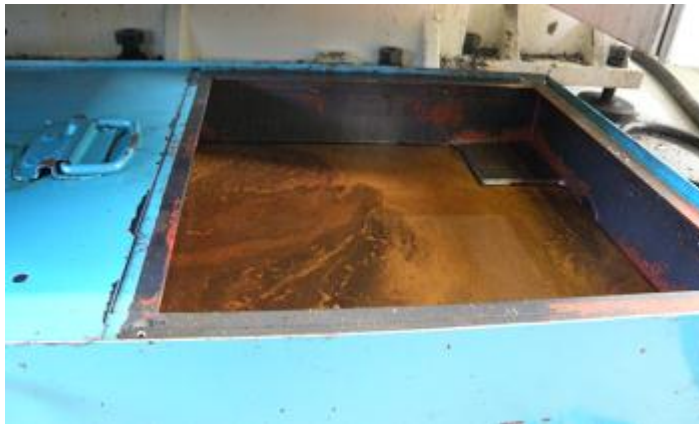
Leikkuunesteitä voidaan puhdistaa, mikä pidentää niiden käyttöikää ja parantaa työstön laatua. Leikkuunesteen laatua pystytään tarkkailemaan vertailemalla pH-arvoja ja sähkönjohtavuuskykyä uusiin leikkuunesteisiin. Normaalisti leikkuunesteen pH-arvo on 8,4 ja 10 välissä. Leikkuunesteen pitoisuus ei pysy vakiona, koska työstön aikana järjestelmästä poistuu leikkuunestettä pisaroitumalla, haihtumalla ja työstettävien kappaleiden sekä työstöstä irronneiden metallilastujen mukana. Laimea leikkuunesteen pitoisuus voi johtaa ruostumiseen, härskiintymiseen tai voiteluongelmiin, missä leikkuunesteen härskiintymisellä tarkoitetaan rasvan hapettumista. Liian korkea tiiviste ilmenee ihmisellä ihoärsytyksenä. Kuvassa 1 on kuva hyväkuntoisesta leikkuunesteestä. (Puustinen 2010, 30 - 32.)



KUVA 1. Hyväkuntoinen emulsio on väriltään vaaleaa ja oikein käsiteltynä se säilyy jopa yli kaksi vuotta. (Valokuva Komonen 2007.)

Jos emulsion väri muuttuu tummaksi tai harmaaksi, on nesteessä alkanut bakteerikasvu, jonka merkinä on myös paha haju. Bakteeri- ja mikrobikasvu aiheuttaa työstökoneiden putkien tukkeutumista, ruostumista, työmateriaalien kulumista, happamoitumista ja leikkuunesteen vaahtoamista. Bakteerit voivat aiheuttaa myös lähellä työstökenteleille työntekijöille terveyshaittoja. Bakteerit pääsevät kasvamaan, jos leikkuunestesäiliön pinnalla on öljyä, joka estää hapen pääsyn nesteeseen. (Puustinen 2010, 30 – 32.)

Öljy pääsee leikkuunesteen sekaan työstökoneista ja sen eri osista. Leikkuunesteen sekaan pääsevät öljyt ovat johdevoitelu-, karalaatikko- ja hydraulikkaöljyjä. Mikrobikasvusto lisääntyy leikkuunesteen orgaanisen aineen avulla, mikä vähentää leikkuunesteen käyttöikää ja lisää terveysriskejä. Mikrobin kasvua voidaan hillitä biosidien avulla, mutta siitä huolimatta leikkuuneste saastuu helposti. Leikkuunesteitä voidaan puhdistaa keräämällä öljyä leikkuunesteen säiliön pinnalta sekä erilaisten pintakeräimien avulla. Kuvassa 2 on esimerkki huonosti käsitellystä leikkuunesteestä. (Puustinen 2010, 30 – 32.)



KUVA 2. Leikkuunesteessä on alkanut bakteerikasvu. Johdevoiteluöljy ja grafiitti voivat muodostaa hyvinkin tumman kalvon öljyn pinnalle, mikä mahdollistaa bakteerien kasvun. Bakteerikasvua voi mitata erilaisten mittausten avulla. (Valokuva Mähönen 2011.)

3 BAUER WATERTechnology Oy

Bauer Watertechnology Oy on kehittänyt 9 vuoden ajan prosessinesteiden käsittelyjärjestelmiä teollisuuden tarpeisiin. Tuotetta valmistetaan Suomessa ja yritys maahantuo ulkomailta pumppuja, suodattimia ja jätevedenkäsittelyjärjestelmiä. Asiakkaat ovat toistaiseksi kotimaasta. Yrityksen päätuotteena ovat kemikaalittomat vedenkäsittelylaitteet, joita myydään maailmanlaajuisesti. Työntekijöitä on Suomessa 21 ja kaiken kaikkiaan yli 30. Vuonna 2012 yrityksen liikevaihto oli noin 3,5 miljoonaa euroa, josta liikevoiton osuus oli noin 100 000 euroa. (Mähönen 15.10.2012.)

3.1 Bauer Cobolt -prosessinesteiden käsittelyjärjestelmä

Bauer Cobolt -keskusjärjestelmä on metalliteollisuuden prosessinesteiden käsittelyyn ja kunnossapitoon tarkoitettu järjestelmä. Järjestelmän avulla saadaan eroteltua prosessinesteessä olevat prosessin kannalta haitalliset ainesosat prosessinesteestä säästäten luontoa sekä teollisuusyrityksen jätekustannuksia. Prosessinesteen laadun pysyessä hyvänä prosessin tuottavuus ja toimintavarmuus paranee, käyttökatkot ja kunnossapidon määrä vähenee, leikkuunesteen elinkaari pitenee ja laatu paranee sekä työskentelyolosuhteet paranevat. (Bauer-Cobolt 2012.)

Yksi tyypillisimmistä käytetyistä prosessinesteistä on leikkuuneste. Leikkuunesteellä tarkoitetaan metallin työstämisestä syntyvää nestettä, jossa työstettävästä kappaleesta irtoavat metallilastut, grafiitti ja työstämiseen käytetyt aineet, kuten leikkuuneste, leikkuuöljy ja johdeöljy, menevät sekaisin. Johdeöljyä käytetään työstökoneissa, joissa työstettävä kappale tai koneen työstävät osat liikkuvat johdepintojen päällä. Johdeöljy estää johteiden kulumista. Työstöprosessissa käytettyä johdeöljyä ei voida käyttää enää uudestaan, koska se voi sisältää esimerkiksi valurautaisten osien työstä aiheutunutta grafiittia.

Useamman työstökoneen leikkuunesteen käsittelyyn kehitettiin keskusjärjestelmä, jolla pystytään käsittelemään ominaisuuksiltaan erilaisia aineita leikkuunesteestä. Keskusjärjestelmä koostuu Cobolt-magnet-suodattimesta, Cobolt-endless-suodattimesta, Cobolt-mix-sekoittajasta, Cobolt-oil-öljynkerääjästä, pumpuista sekä automaatio-ohjauskeskuksesta.

Cobolt-magnet erottelee ferromagneettiset aineet prosessinesteestä yli 90 %:n varmuudella. Cobolt-endless pystyy suodattamaan ei-magneettisia aineita, kuten alumiinia, messinkiä, haponkestävää terästä ja maalipinnoitteisia aineita. Cobolt-mix sekoittaa oikean vahvuista nestettä prosessia varten, jonka vahvuutta voidaan säätää sekoituspumpun avulla. Cobolt-oil kerää prosessinesteen pinnalle kertyneen johdeöljyn pois, jolloin jäteöljyn seasta saadaan eroteltua lähes kaikki muut aineet pois. Öljynerottelu mahdollistaa teollisuudelle merkittäviä kustannussäästöjä jäteöljyn vähemmän vuoksi. Bauer Cobolt -keskusjärjestelmä sisältää kaikki työstökoneen leikkuunesteenkäsittelyyn tarvittavat komponentit. (Bauer-Cobolt 2012.)

Järjestelmä on automatisoitu ja sitä voidaan tarvittaessa ohjata myös manuaaliohjauksella. Järjestelmässä on Simatic S7-1200 -logiikka ja KTP 600 basic PN - ohjauspaneeli, mitkä mahdollistavat järjestelmän ohjaamisen ja entistä paremmat käyttöominaisuudet. Leikkuunesteen käsittelyprosessi ja järjestelmän toiminta on esitetty tarkemmin luvussa 7 *Prosessin toiminnan kuvaus*. Kuvassa 3 on Bauer Cobolt -keskusjärjestelmä.



KUVA 3. Bauer Cobolt -prosessinesteenkäsittelyn keskusjärjestelmä. Kuvan ylemmässä vetolaatikossa on Cobolt-magnet-suodatin ja alemmassa vetolaatikossa Cobolt-endless-suodatin. Järjestelmän sivussa olevassa ylemmässä pienemmässä sinisessä laatikossa on Cobolt-oil-öljynerotaja ja alemmassa laatikossa Cobolt-mix-sekoittaja. (Valokuva RD Velho Oy 2012.)

3.2 Järjestelmän huolto

Bauer Cobolt -keskusjärjestelmä huolletaan joka kuukausi, jossa tarkastetaan seuraavia asioita. HMI-paneelistä tarkastetaan hälytykset ja niiden historia. Jos jokin hä-

lytyksistä ilmenee liian usein, on mahdollista, että järjestelmässä on jotakin vikaa. Huollon aikana on syytä tutkia mistä häiriön ilmeneminen johtuu ja korjata mahdolliset häiriötekijät, jolloin voidaan taata järjestelmän kunnossa pysyminen. (Mähönen 11.3.2013.)

Cobolt-magnetista tarkistetaan, että hihnat kulkevat suoraan. Vaihdemoottorin kunto voidaan tarkistaa lämpötilan mittauksella ja kuuntelemalla, kuuluuko koneen käynnissä olon aikana ylimääräisiä ääniä. Magneettisuodattimesta tarkistetaan, ettei kaavin ole vääntynyt eikä siinä ole päällisin puolin vikaa. Kaikki laakereiden rasvanipat täytyy rasvata tarpeen tullen. (Mähönen 11.3.2013.)

Cobolt-endless-suodattimesta tarkistetaan ketjujen kireys, ja tarvittaessa ne rasvataan. Suodatinkankaan kunto on tarkistettava joka puolelta, ja tarpeen tullen se vaihdetaan, jos siihen on tullut repeämiä. Paineilmatoiminen suutinlinja tarkistetaan, ettei siinä ole tukoksia eikä mitään silmäänpistävää vikaa. (Mähönen 11.3.2013.)

Cobolt-oil-öljynkerääjästä tarkistetaan tyhjennysastia, ja tarvittaessa tyhjennetään se. Öljynkerääjän tyhjennysastiaa on kuitenkin tarkkailtava myös käytön aikana, ettei sen tyhjentäminen tapahdu pelkästään huoltopäivinä. Kalvopumppu ja imukelluke tarkistetaan päällisin puolin ja puhdistetaan, jos ne ovat hyvin likaiset. (Mähönen 11.3.2013.)

Cobolt-mix-sekoittajasta tarkistetaan sekoituspumpun kunto sekä syöttöputken kapasitiivinen anturi. Näiden lisäksi kaikki moottorit, pumput, venttiilit ja letkut tarkistetaan silmämääräisesti vuotojen varalta. (Mähönen 11.3.2013.)

3.3 Prosessinesteen ohjauksen historia ja kehitys

Vuonna 2004 Bauer Watertechnology Oy alkoi kehittää mm. tynnyrihälyttimiä työstökoneiden nestesäiliöihin. Nestesäiliöön asennettiin anturi, joka ilmoitti, jos työstökoneen säiliöstä loppui leikkuuneste. Myöhemmin säiliöihin asennettiin ylä- ja alarajat, jolloin säiliön alarajan syttyessä pumppu syötti työstökoneen nestesäiliön ylärajalle asti leikkuunestettä.

Järjestelmän kehittyessä automaattiseksi prosessinesteen käsittelyssä alettiin käyttää pumppuja, magneettiventtiilejä ja suodattimia, jotka puhdistivat prosessissa käytettä-

vää nestettä. Prosessinesteen käsittelytekniikan kehittyessä reletekniikasta luovuttiin ja tilalle asennettiin Siemens LOGO! -logiikka. Logiikan ja releiden välisiä eroja käsitellään luvussa *10.4 Logiikkaohjauksen hyödyt releohjaukseen verrattuna*. LOGO!-n tulojen ja lähtöjen määrä oli kuitenkin melko rajallinen, jolloin isoimmissa prosessinesteenkäsittelyjärjestelmissä jouduttiin käyttämään useita LOGO!-logiikoita. Usean logiikan käyttö samassa prosessinesteenkäsittelyjärjestelmässä oli vaikea toteuttaa, koska logiikat eivät pystyneet kommunikoimaan keskenään ja lisäksi asiakkaiden toiveet oli vaikea toteuttaa. Nykyään markkinoilla on lisämoduuleja LOGO!-lle, niin että lähtöjen ja tulojen määrää saadaan kasvatettua, jolloin isonkin prosessinkäsittelyjärjestelmän ohjauksen voi toteuttaa yhdellä LOGO!-lla. (Tuomola 4.1.2013.)

3.4 Kehityshanke

Vuoden 2012 aikana Bauer Cobolt -tuotteiden osalta toteutettiin mittava kehityshanke, jonka tavoitteena oli vakioda tuotekonstruktiot vastaamaan asiakkaiden uudenai-kaista käsitystä tuotteiden ja laitteiden muotoilusta, käytettävyydestä ja huollettavuudesta. Vakioimisella pyrittiin minimoimaan toimitusketjussa aiheutuvat kustannukset. Samalla tuotteen ohjaus muutettiin vastaamaan nykypäivän tarpeita. Logiikan laajentamat mahdollisuudet sekä logiikan avulla toteutettavat tuotteet kartoitettiin ja otettiin käyttöön kehityshankkeen aikana. (Mähönen 15.10.2012.)

Yksi kehityshankkeen helpoimmin havaittavista muutoksista oli tuotteen ulkoasun muutos. Kuvassa 4 on Bauer Cobolt -järjestelmällä toteutettu prosessinesteenkäsittely ennen kehityshanketta ja kuvassa 3 on keskusjärjestelmä kehityshankkeen jälkeen.



KUVA 4. Prosessinestettä puhdistetaan magneetti- ja kangassuodattimilla sekä öljynkerääjällä. (Valokuva Mähönen 2011.)

Kehityshankkeessa LOGO!-sta luovuttiin ja tilalle asennettiin Siemens S7 1200 -logiikka, koska Siemens-1200 -logiikan laajennusmahdollisuudet ovat merkittävästi paremmat kuin LOGO!-ssa. Siemens 1200 -logiikka mahdollisti järjestelmälle etäohjauksen, joka tarkoittaa sitä, että prosessinesteen käsittelyjärjestelmän käyttöä pystytään tutkimaan ja ohjaamaan Internetin välityksellä. Ethernet-väyläliityntä mahdollistaa tiedonkulun isossa metallintyöstöpajassa eri työstökoneiden välillä. Uuteen logiikkaan liitettiin Simatic KTP 600 basic -ohjauspaneeli, mikä helpotti järjestelmän ohjaamista ja tiedon lukua. Ohjauspaneeliin on mahdollista tehdä useita eri sivuja, joista pystytään hallitsemaan järjestelmää ja lukemaan parametreja. (Tuomola 4.1.2013.)

Aiemmin Bauer Cobolt -järjestelmissä käytettiin useiden eri valmistajien komponentteja, esimerkiksi magneettiventtiilejä oli monelta eri valmistajalta. Koska järjestelmän komponentit valittiin eri valmistajilta, se toi haasteita järjestelmän kunnossapitoon ja korjaustöihin. Kehityshankkeessa komponentit valittiin Bürkertiltä, koska komponenttien aiemmat käyttökokemukset ovat olleet hyviä ja yrityksellä on kattava tuotevalikoima. Komponentit ovat helposti ja nopeasti saatavissa, mikä helpottaa ja nopeuttaa huolto- ja korjaustöitä.

4 PROSESSINESTEEN KÄSITTELYN KONKREETTISET HYÖDYT

Tampereella Hervannan koneistus Oy:ssä käytetään Bauer Cobolt -tuotteita, missä käytiin ottamassa selvää, minkälaisia käyttökokemuksia yrityksellä on tuotteista. Ensimmäisiä hankittuja prosessinesteiden käsittelyjärjestelmiä olivat magneettisuodattimet ja öljynkerääjät, mitkä hankittiin vuosina 2003 – 2004. Hervannan koneistuksella on 12 työstökeskusta, joissa käytetään emulsiota. Työstökeskuksia ruokkii kaksi jakelujärjestelmää, toinen seitsemää ja toinen kahta työstökoneetta. Näiden työstökoneiden prosessinesteitä puhdistavat nykyään kahdeksan magneetti- ja kangassuodatinta sekä kahdeksan öljynkerääjää. (Saarinen 13.3.2013.)

Ennen magneetti- ja kangassuodattimien asennusta työstökoneita jouduttiin puhdistamaan paljon, koska valuraudan työstämisestä syntynyt grafiitti tarttui joka paikkaan kiinni. Grafiitti ei tartu magneettiin kiinni, mutta se voidaan kuitenkin erotella nesteestä magneettisuodattimen avulla. Ferromagneettisten aineiden tarttuessa magneettisuodattimen nauhaan ne muodostavat mekaanisen suodattimen, mikä alkaa sitoa myös ainesosia, jotka eivät jää magneettikenttään kiinni. Myös grafiitin määrää saadaan laskettua merkittävästi magneettisuodattimen avulla. Grafiitin poistoon vaikuttaa myös tehokas öljynkeräys, joka poistaa loput magneettisuodattimelta sekaan jääneet grafiittijäämät. (Saarinen 13.3.2013.)

Leikkuunesteen puhdistaminen on tehokkainta, kun magneettisuodatin ja kangassuodatin ovat päällekkäin. Tällöin ensimmäisenä prosessinesteestä erotellaan magneettiset aineet ja sen jälkeen magneettisuodattimelta läpi tulleet ei-magneettiset aineet, joita kiinni jääneet metallihiput eivät ole sitoneet. Ennen investointeja prosessinesteiden käsittelyjärjestelmiin oli melko tavallista, että työstökoneilla tapahtui ylitäyttö 1-2 kertaa kuukaudessa, jolloin jopa 100 litraa leikkuunestettä valui lattialle. Ylivuoto tapahtui pelkästään sen vuoksi, etteivät työstökoneet, niiden anturit ja ohjauslaitteet olleet pysyneet puhtaina. (Saarinen 13.3.2013.)

Bauer Cobolt -tuotteilla on saavutettu merkittäviä kustannussäästöjä, joista merkittävimmät säästöt tulevat järjestelmien puhtaana pysymisestä. Jos prosessineste on likaista ja se seisoo pitkään paikallaan, siihen alkaa kasvaa bakteerikasvustoa. Nesteessä olevan bakteerikasvuston määrä on pienentynyt merkittävästi magneetti- ja kangassuodattimien sekä öljynkerääjien asennusten myötä. Ennen Bauer Cobolt -prosessinesteen käsittelyjärjestelmiä leikkuunestettä jouduttiin vaihtamaan puolivuositain, mutta nykyään samaa leikkuunestettä voidaan käyttää jopa kaksi vuotta. Li-

säksi metallin työstössä käytettävien teräpalojen ja työkalujen käyttöikä on kasvanut merkittävästi. (Saarinen 13.3.2013.)

Prosessinesteiden käsittelyjärjestelmille ei ole ennakoivaa kunnossapitoa, eli niitä korjataan tarpeen tullen. Järjestelmät ovat toimineet hyvin, ainoastaan kalvopumppu- ja on jouduttu uusimaan muutaman kerran. Leikkuunesteistä oli tehty havainto, etteivät booria sisältävät leikkuunesteet sovellu jakelujärjestelmään, koska silloin emulsio saippuoituu ja tukkii putket. Tästä syystä työstökoneisiin on nykyään valittu Shellin D208.01 leikkuuneste, koska se ei sisällä booria. Shellillä on myös booria sisältävä leikkuuneste, joka olisi ominaisuuksiltaan parempaa kuin booriton leikkuuneste, mutta saippuoitumisen vuoksi sitä ei voi käyttää työstökoneissa. (Saarinen 13.3.2013.)

Bauer Cobolt –järjestelmien mahdollistamista kustannussäästöistä ei ole tehty sen tarkempaa tutkimusta. Saarinen kuitenkin arvioi, ” *ettei ole varmasti liioiteltua sanoa, että säästöä kertyy ainakin 2000 € vuodessa konetta kohti*”. Arviossa on otettu huomioon, että leikkuunesteen käyttöikä on vähintään kaksinkertaistunut, muljusäiliöiden puhdistamisen tarve on puolittunut, suodatinmateriaalien menekki on pienentynyt huomattavasti eikä työntekijöillä ole kulunut aikaa ylivuotojen siivoamiseen. (Saarinen 13.3.2013.)

5 OHJELMOITAVA LOGIIKKA

Viimeisimpien vuosien aikana automaatiolaitteet ovat kehittyneet ja lisääntyneet teollisuudessa. Ihmisen tekemää työtä pyritään korvaamaan mahdollisimman paljon automaatiotekniikan avulla niin, että työn laatu ja tehokkuus olisi tasaisempaa. Massatuotannossa on paljon samanlaisia työjaksoja, jotka voidaan toteuttaa automaattisesti ohjelmoitavalla logiikalla eli PLC:llä. Lyhenne PLC tulee englanninkielisestä sanasta programmable logic controller. (Mäkinen, Kallio & Tantarimäki 2009, 215.)

Ennen ohjelmoitavaa logiikkaa automaatiota pystyttiin toteuttamaan ns. langoitetun logiikan avulla. Langoitettu logiikka toteutettiin lukuisilla apu- ja aikareleillä ja niiden välisillä langoituksilla. Nykyisin releitä ei tarvita, sillä ohjelmoitavassa logiikassa releet korvataan tietokoneella ohjelmoiduilla virtapiireillä. Ohjelmassa käytetyt funktiot sisältävät erilaisia sääntöjä, joiden avulla ohjelmat toteutetaan logiikan keskusyksikköön eli CPU:lle. Jokaisella erilaisella funktiolla on toiminnaltaan erilainen totuustaulu, josta nähdään, kuinka funktio toimii.

5.1 Ohjelmointityökalut ja kielet

Logiikoiden ohjelmat tehdään erilaisilla ohjelmointityökaluilla. Yleisiä ohjelmointityökaluja ovat Siemensin WinCC, Step 7 ja LOGO! Comfort. LOGO!-logiikoita ei voi ohjelmoida muulla ohjelmointityökalulla kuin LOGO! Comfortilla. WinCC:llä pystytään suunnittelemaan käyttöliittymien grafiikoita ja Step 7:llä pystytään suunnittelemaan ohjelmia Siemensin logiikkaan.

Ohjelmointia voidaan tehdä eri kielillä, joita on IEC 61131-3 -standardin mukaan viisi: LAD (ladder logic), FBD (function block diagram), SFC (sequential function chart), IL (instruction list) ja ST (structured text). LAD tunnetaan toisella nimellä tikapuukaavio, joka muistuttaa hyvin paljon relekaaviota. FBD on toimintalohkokaavio, jossa ohjelmat tehdään erilaisten funktioiden yhdistelmillä. SFC on askelohjelmointi, jossa toiminnot tapahtuvat askel kerrallaan. LAD, FBD ja SFC ovat graafisia editoreita ja näiden lisäksi on kaksi tekstieditoria, joita ovat IL käskylista ja ST rakenteinen teksti. (Fonelius, Pekkola, Selomaa, Ström & Välimaa 1996, 119–123.)

5.2 Rakenne ja liitännät

Logiikka koostuu teholähdetikortista, tiedonsiirtokortista, keskusyksiköstä sekä digitaalisista ja analogisista tulo- ja lähtökorteista. Nykyaikaisissa logiikoissa tehonsyöttö ja tiedonsiirto voi olla keskusyksikössä, niin erillisiä kortteja tai signaalimoduuleita ei tarvita. Tällöin ohjattava järjestelmä ei voi olla kovin suuri, koska tuloja ja lähtöjä on keskusyksikössä vähän. Tulo- ja lähtökorttien määrä riippuu ohjattavan laitteen suuruudesta.

Modulaariset logiikat ryhmitellään pieniin, keskisuuriin ja suuriin logiikoihin. Ryhmitteily tapahtuu sen perusteella, kuinka paljon logiikan prosessori pystyy käsittelemään tuloja ja lähtöjä eli I/O:ta. Pienet logiikat pystyvät käsittelemään korkeintaan sata tuloa ja lähtöä. Keskisuurissa logiikoissa tulojen ja lähtöjen määrä on 100 ja 500 välillä ja suurilla tulojen ja lähtöjen määrä voi olla tuhansia tai jopa kymmeniä tuhansia. Näiden lisäksi on vielä kompakteja logiikoita, jotka pystyvät ohjaamaan pieniä noin 10–30 I/O:n kokonaisuuksia. (Fonelius, Pekkola, Selomaa, Ström & Välimaa 1996, 105–106.)

5.2.1 Analogiset ja digitaaliset tuloliitännät

Ohjelmoitavassa logiikassa on analogisia ja digitaalisia tulo- ja lähtökortteja. Tulokortteihin liitetään käsiteltävät tulosignaalit, jotka voivat olla joko analogisia tai digitaalisia. Signaali on digitaalinen, jos toimielin on esimerkiksi kytkin, valokenno tai painonappi. Digitaalinen tieto on joko 1 tai 0, eli toimielin havaitsee, onko jokin anturilla mitattu toiminto päällä.

Analogisia signaaleja ovat esimerkiksi lämpötilan mittaus tai erilaisilta lähettimiltä saadut tiedot. Analoginen viesti on usein 4...20 mA, jossa analoginen viesti muutetaan milliampeerimuotoon. Analoginen viesti voi olla myös +/- 10 V:n jännitetieto. Digitaaliset signaalit on kytkettävä digitaalisille korteille ja analogiset tiedot analogisille korteille. (Mäkinen ym. 2009, 215.)

5.2.2 Analogiset ja digitaaliset lähtöliitynnät

Digitaalisilla lähdöillä voidaan ohjata apureleitä, kontaktoreja, pneumatiikkaa ja hydraulikkaa ohjaavia magneettiventtiilejä. Tämänlaisissa venttiileissä ei ole säädön mahdollisuutta, joten venttiileitä voidaan ohjata vain kiinni tai auki asentoon. Analogisilla lähdöillä voidaan ohjata säätöventtiilejä, jolloin on mahdollisuus myös säätämiseen. Analogisilla tuloilla voidaan kerätä esimerkiksi lämpötila- tai painetietoja erilaisilla termoelementeillä ja paineantureilla. (Mäkinen ym. 2009, 216.)

5.2.3 Keskusyksikkö (CPU), tiedonsiirto ja teholähde

CPU (Central Processing Unit) koostuu prosessorista, muistista ja tiedonsiirtoporteista. Keskusyksikössä voi olla monta prosessoria, joilla on omat tehtävänsä. Prosessorit huolehtivat käyttöjärjestelmästä, sana- ja bittiopeeraatioista ja ulkopuolisesta kommunikoinnista. Väyläyksiköiden tai tiedonsiirtoporttien avulla voidaan liittyä tietokoneeseen, toiseen logiikkaan tai etäyksiköihin, joilla tarkoitetaan hajauttamista. Logiikan teholähde syöttää keskusyksikköön ja I/O-korteille tarvittua tehoa. Teholähde erottaa logiikan verkosta, jolloin se on galvaanisesti erotettu. Teholähde voi olla 230 VAC tai 24 VDC. (Fonellus, Pekkola, Selomaa, Ström & Välimaa 1996, 107–111.)

5.3 Kenttäväylät

Kenttäväylällä tarkoitetaan järjestelmää, jossa tulo- ja lähtöportit on sijoitettu kenttäväylämoduuleihin. Kenttäväylä mahdollistaa I/O:n hajauttamisen kentälle ja erilaisten toimilaitteiden ja antureiden kytkemisen logiikkaan. Hajauttaminen vähentää kaapeloinnin ja työn määrää, koska toisistaan kaukana olevien tulojen ja lähtöjen väliin ei tarvitse asentaa niin paljon kaapelia. Kenttäväyliä kutsutaan ”Master-Slave” -järjestelmiksi, joissa logiikkayksikkö on ”Master”, jolla ohjataan ”Slave” -moduuleihin liitettyjä laitteita. Logiikka ja kenttäväylämoduuli voidaan kytkeä toisiinsa esimerkiksi bipolaarisella RS485-sarjaliikenneväylällä. Väylällä saavutetaan nopea ja luotettava tiedonsiirto pitkällekin matkalle, koska häiriön tullessa signaaliin se näkyy myös 0-potentiaalisena. Tiedonsiirtohäiriöitä ei synny potentiaalieron pysyessä samana. (Keinänen, Kärkkäinen, Lähetkangas & Sumujärvi 2007, 214.)

5.4 VPN-salaus

VPN (Virtual Private Network) on yleinen nimitys toteuttaa salattu IP-liikenne turvatoman verkon yli. VPN mahdollistaa turvallisen etäyhteyden julkisen Internetin yli tai lähiverkkojen yhteen liittämisen käyttäen Internetiä siirtotienä. Langattomassa lähiverkossa salattu yhteys muodostuu työaseman ja yhdyskäytävän välille, joiden välille syntyy kaksi tunnelia. VPN:n salaukseen käytetään salausprotokollia, esimerkiksi L2TP-tunnelointiprotokollaa (Layer 2 Tunneling Protocol), joka on pelkästään etäkäyttöä varten. (Puska 2005, 85 - 86.)

5.5 Kenttäväyläprotokolla

Protokollalla tarkoitetaan kieltä, jolla laitteet kommunikoivat keskenään kenttäväylässä. Usein käytetään avointa protokollaa, jolla tarkoitetaan sitä, että laitevalmistajat valmistavat tuotetta johonkin tiettyyn protokollaan, niin että laitteet ovat keskenään yhteensopivia. Avoimen protokollan kenttäväyliä ovat esimerkiksi Modbus ja Profibus. Näiden lisäksi on valmistajakohtaisia protokollia, joka tarkoittaa, että vain yhden valmistajan tuotteet ovat keskenään yhteensopivia. (Keinänen ym. 2007, 214.)

Kenttäväyliä pystytään yhdistämään väylämuunnosten avulla. Esimerkiksi teollisuus-Ethernetin, Profibusin ja AS-Interface-väylän voi sovittaa yhteen linkkilaitteella, logiikalla tai PC:llä. Tämä mahdollistaa kaikkien eri väylien muuttamisen teollisuus-Ethernetiin, jolloin teollisuudessa käytetyt eri väylät saadaan yhteensopiviksi. Väylämuunnos ei edellytä erillistä tiedonkäsittelyä ja lisäksi sillä säästetään kustannuksissa. (Siemens Oy 2013.)

5.6 Kenttälaitteet

Logiikka saa tapahtumatietoja kenttälaitteiden avulla. Kenttälaitteita ovat erilaiset anturit, kuten esimerkiksi induktiiviset-, optiset ja kapasitiiviset lähestymiskytkimet, mekaaniset rajakytkimet, valokennot, paineanturit ja virtausmittarit. Antureita voidaan soveltaa moniin eri tarkoituksiin, esimerkiksi säiliön nesteen pinnankorkeuden mittaamiseen, kappaleiden nopeuksien ja määrän mittaamiseen tuotantolinjalla, nesteen virtausnopeuden mittaamiseen ja lämpötilan mittaamiseen. Toiminnaltaan erilaiset

anturit antavat paljon eri mahdollisuuksia koneiden automaattisten liikkeiden hallintaan.

5.6.1 Induktiivinen lähestymiskytkin

Induktiivisella lähestymiskytkimellä voidaan tunnistaa pelkästään metallikappaleita. Anturissa on kela, joka muodostaa tuntopäähän magneettikentän. Metallin lähestyessä magneettikenttä vaimenee, minkä seurauksena kelan virta pienenee. Anturissa oleva elektroniikka muuttaa virran on/ei-tiedoksi. Anturin tuntoetäisyys riippuu sen koosta ja metallista, ja sen kytkentätaajuus vaihtelee 10 ja 5 000 Hz:n välillä. (Fonelius, Laitinen, Pekkola, Sampo & Välimaa 1994, 25.)

5.6.2 Kapasitiivinen lähestymiskytkin

Kapasitiivinen lähestymiskytkin tunnistaa melkein kaikkia eri materiaaleja. Anturin ympärille muodostuu magneettikenttä, joka heikkenee kappaleen lähestyessä tuntopäätä. Runko ja tuntopää muodostavat kondensaattorin, jonka kapasitanssi muuttuu kappaleen lähestyessä tuntopäätä. Kapasitanssin muutos aiheuttaa anturin sisällä olevan oskillaattorin taajuuden muutoksen, jolloin vahvistin antaa ulos on/ei-tyyppisen tiedon. Anturin tuntoetäisyys on aseteltavissa ja kytkentätaajuus on 10 ja 1 500 Hz:n välillä. Anturilla pystytään tunnistamaan aine toisen aineen läpi, esimerkiksi neste voidaan havaita putken sisällä. Tässä tapauksessa tunnistettavan aineen permittiivisyyden eli sähkövakion on oltava suurempi kuin väliaineen. (Fonelius, Laitinen, Pekkola, Sampo & Välimaa, 1994, 31.)

5.6.3 Uimuriskytkin

Uimuriskytkimellä pystytään mittaamaan esimerkiksi nestesäiliön pinnan korkeutta, missä uimuri osoittaa asennollaan pinnan korkeuden. Uimurin ulkokuori on muovia tai kumia ja sen sisällä on yksi tai monta elohopeakytkintä. Uimuri on tasapainotettu painon avulla, niin että se kallistuu juuri oikealla tavalla nestepinnan koskettaessa sitä. Uimurin asento asettaa elohopeakytkimen joko tilaan 1 tai tilaan 0, jolloin saadaan tieto nesteen pinnan korkeudesta. (Pihkala 2004, 90.)

6 TIA PORTAL V 11

Ohjelman suunnittelu toteutettiin TIA Portal V11 -ohjelmalla. Ohjelma ei ollut entuudestaan tuttu, joten ohjelmaan täytyi perehtyä ennen työn aloittamista. Aiempaa ohjelmointikokemusta oli kuitenkin Siemens STEP 7 V5.4 ja V5.5 versioista.

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) on logiikkaohjelmien ohjelmointiohjelma, missä yhdistyvät sekä logiikkaohjelmointi (SIMATIC STEP 7 V11) ja HMI-näyttöjen suunnittelu (SIMATIC WinCC V11). Ohjelmalla voidaan simuloida ohjelmia, jos logiikan keskusyksikkö on Siemens S7-300 tai S7-400. S7-1200-logiikkaan voidaan tehdä simulointia vain HMI-näyttöjen osalta.

Ennen ohjelman tekoa täytyy tietää, missä logiikassa ohjelmaa käytetään, koska ohjelmalohkoa luodessaan täytyy valita joko standard- tai optimized-pääsy. Standard-pääsy mahdollistaa S7-1200-logiikan ohjelmoimisen lisäksi myös S7-300 ja S7-400-logiikoiden ohjelmoimisen, kun taas optimized-pääsy mahdollistaa ohjelmoimisen vain S7-1200-logiikkaan.

Ohjelma tehdään ohjelmayksiköihin, johon ohjelma ja siihen liittyvä data tallennetaan. Ohjelmayksiköitä on neljä, joista ensimmäinen on organisaatioyksikkö OB. Ohjelma voidaan tehdä kokonaan organisaatioyksikköön jolloin ohjelman rakenne on lineaarinen. Jos ohjelma on suuri, ohjelma jaotellaan pienempiin kokonaisuuksiin, joita organisaatiolohko kutsuu tarvittaessa. Tällaista ohjelmaa kutsutaan rakenteiseksi ohjelmaksi. Ohjelma voidaan jaotella eri lohkoihin joita ovat FC-toimintalohko, joka sisältää ohjelman alitoimintoja. FC-lohko soveltuu usein toistuvien alitoimintojen ohjelmoimiseen. Toimintayksikkö FB on melkein samanlainen kuin toimintalohko FC, mutta siinä on lisäksi muistialue. FB-toimintayksikkö soveltuu esimerkiksi monimutkaisten säätöpiirien ohjaamiseen. Viimeisenä on tiedostoyksikkö DB, johon voidaan tallentaa ohjelman toiminnan kannalta tärkeitä tiedostoja, kuten esimerkiksi aikoja ja päivämääriä.

TIA Portal sisältää kirjaston, johon voidaan tallentaa projektikohtaisia kirjastoja tai globaaleja kirjastoja. Globaalkirjastoihin voidaan tallentaa tiedostoja, joita voidaan käyttää myöhemmin toisissa projekteissa. Kirjastotoiminto säästää aikaa, jos tulevat projektit ovat samankaltaisia kuin aiemmin tehdyt projektit. Kirjastosta voidaan hakea toisiin projekteihin esimerkiksi valmiiksi tehtyjä tagilistoja.

7 PROSESSIN TOIMINNAN KUVAUS

Bauer Cobolt -keskusjärjestelmässä on iso säiliö, jonka kokoa voidaan suunnitteluvaiheessa vaihdella prosessin edellytysten mukaiseksi. Säiliö toimii varastona kaikelle työstökoneiden tarvitsemalle työstönesteelle. Säiliössä on kolme pintakytkintä, joiden kahden rajapinnan avulla saadaan tieto nesteen pinnan korkeudesta. Pintakytkiminä ovat alaraja, yläraja sekä varmuusraja.

Nesteen pinnan ollessa alarajassa tankkauspumpulla sijaitseva magneettiventtiili aukeaa, ja järjestelmän tankkaus käynnistyy. Tankkaaminen loppuu, kun nesteen pinta saavuttaa ylärajan. Jos nesteen pinta pääsee ylärajan yli aina varmuusrajalle asti, tulee ohjauspaneeliin hälytys. Ylitäytön aiheuttanut tekijä täytyy poistaa, minkä jälkeen järjestelmä täytyy kuitata, ennen kuin käyttöä voidaan jatkaa. Jokaisen häiriötilanteen jälkeen järjestelmä on kuitattava hälytyslistasta ennen uudelleen käyttöä. Kun järjestelmä aloittaa tankkauksen, käynnistyy samalla myös ajastin. Jos nesteen pinta ei saavuta ylärajaa aseteltuun aikaan mennessä, niin tankkaus keskeytyy ja paneeliin tulee hälytys. Tankkaukseen on tehty aikaraja, ettei säiliössä oleva neste pääse tulvimaan, jos pintakytkin on likainen tai rikki.

Sekoittajan konsentraatin syöttöputkessa on kapasitiivinen anturi, joka havaitsee, jos konsentraatti loppuu putkesta. Emulsion loppuessa tankkauksen aikana toiminta keskeytyy ja HMI-näyttölle tulee hälytys, joka antaa käyttäjälle tiedon tynnyrivaihdon tarpeesta. Konsentraattia pumpataan 200 litran tynnyristä, joka sekoitetaan veteen, jonka vahvuutta pystytään säätämään sekoituspumpulla.

Työstökoneelle menevässä leikkuunesteen putkessa on painelähetin, joka ohjaa taajuusmuuttajan toimintaa. Taajuusmuuttaja muuttaa moottorin käyntinopeutta, mikä muuttaa puolestaan pumpun käyntiä. Paineen laskiessa alle asetellun arvon, taajuusmuuttaja muuttaa moottorin käyntitiheyttä, jotta taajuusmuuttajaan aseteltu paine saavutetaan. Paine pääsee laskemaan, jos järjestelmä syöttää usealle työstökoneelle leikkuunestettä, milloin nesteen virtaus pienenee ja paine laskee.

Prosessineste valuu työstökoneen omaan altaaseen ja sieltä paluupumpun välisäiliöön, josta se pumpataan paluupumpun avulla puhdistettavaksi Bauer Cobolt -keskusjärjestelmään. Leikkuunestepyyynnön pysähtyttyä leikkuunestettä valuu koneen suojista ja työstöpöydältä vielä jonkin aikaa, minkä vuoksi paluupumppu sammutuu noin 30 sekuntia myöhemmin kuin työstökoneelle leikkuunestettä syöttävä pai-

nepumppu. Paluupumpun aika-arvo on aseteltavissa paneelilta, koska eri prosesseissa nesteen valuma-aika on erisuuruinen.

Työstökoneelta tuleva prosessineste palaa keskusjärjestelmään, jossa se syötetään suodatinradoille. Likainen prosessineste valuu jakotukin kautta tasaisesti Cobolt-magnet-suodatinradan päälle. Magneettisuodattimen kuljettimen alapuolella on voimakas magneetti, jonka kohdalle metallinpalat ja hiukkaset kertyvät. Suodatinradalle kertyneet metallinpalaset toimivat johtimina, jolloin magneettikenttä on suurempi ja suodatus tehokkaampaa. Magneettisuodattimessa on nauha, joka pyörii vastavirtaan prosessinesteen alapuolella. Nauha kuljettaa metallilastut kaapimelle, joka kaapii ne pois jätekipperiin. Prosessineste valuu magneettisuodattimen taittotelan puoleisesta päädyistä alapuolella olevalle suodatinradalle.

Magneettisuodattimen lisänä on Cobolt-endless-suodatinrata, joka suodattaa ei magneetoituvia materiaaleja. Suodatinradan päällä on kelluke, joka alkaa kohota kankaan tukkeutuessa ja nestepinnan noustessa. Tukkeutuminen johtuu prosessinesteen mukana tulevista partikkeleista, kuten metallihipuista, maalihipuista ja grafiitista, mitkä saavat nesteen pinnan nousemaan kankaan päällä. Kun suodatinradan kangas on niin likainen, että sen päälle tuleva neste ei valu kankaan läpi vaan se kertyy kankaan päälle, menee induktiivinen anturi tilaan 1 ja radan päässä oleva moottori käynnistyy ja siirtää puhtaan kankaan osan nesteen tulokohdalle. Suodatinrata tyhjentyy, kun vetotelan puoleisessa päädyssä oleva paineilmapuhalluslinja puhdistaa kankaan jäteastian. Suodatinradan päällä oleva prosessineste valuu alapuolella olevaan säiliöön, josta se alussa pumpattiin työstökoneelle.

Molemmat suodatinradat toimivat työ- ja tauko-ohjauksella tai manuaaliohjauksella. Logiikan ohjelmaan on määritetty aika-arvot, kuinka kauan suodatinradat ovat paikallaan tai käynnissä. Aikoja on mahdollista muuttaa järjestelmän HMI-paneelin avulla.

Työstökoneelta keskusjärjestelmään tulleen leikkuunesteen seassa oleva johde- ja hydraulikkaöljy jää säiliössä leikkuunesteen pinnalle, josta se kerätään öljynkerääjän avulla. Öljynkerääjässä on imukelluke, joka on hieman nestepinnan alapuolella, mikä saa pinnalla olevan nesteen virtaamaan imukellukkeeseen. Paineilmatoimisen kalvopumpun venttiili aukeaa ja paine vetää jäteöljyn imukellukkeen sisältä öljynkerääjään. Öljynkerääjän säiliössä on erotusastia, jossa öljy ja leikkuuneste erkanevat toisistaan. Leikkuunestettä varten on paluuputki, josta leikkuuneste palaa takaisin järjestelmän säiliöön pinnankorkeuden noustessa. Öljyn osuus erotusastiassa kasvaa ja kun öljyä

on astiassa merkittyyn rajaan saakka, se tyhjennetään. Öljynkerääjä toimii työ- ja tauko-ohjauksella aina 15 minuuttia sen jälkeen, kun paluupumppu on ollut käynnissä tai silloin, kun kierrätyspumppu on sammunut. Ennen kuin öljynkerääjä pumppaa öljyn nesteen pinnalta pois, täytyy nesteen rauhoittua säiliössä noin 15 minuutin ajan, että öljy on kerennyt erottua muusta nesteestä.

Puhdistettu leikkuuneste voidaan kierrättää uudelleen työstökoneessa. Kaikkea leikkuunestettä ei kuitenkaan ole mahdollista käyttää uudestaan, koska osa nesteestä roiskuu pois työstön aikana ja osa menee työstettävän materiaalin mukana roskakipperiin. Osa leikkuunesteeseen yhdistetystä vedestä haihtuu työstöprosessin aikana lämmön vaikutuksesta, mikä muuttaa leikkuunesteen ominaisuuksia.

Kierrätyspumppulla kierrätetään järjestelmässä leikkuunestettä, jolloin se pysyy parempilaatuisena. Kierrätyspumppu toimii viikkokellon mukaan käyttäjän valitsemina kellon aikoina. Viikkokellotoiminto edellyttää, ettei järjestelmä ole automaatti- tai manuaaliohjauksella. Kierrätyspumppu toimii myös automaattiohjauksella, kun paneelilta on valittu päivävuorotoiminto. Päivävuorotoiminto on tarkoitettu hieman epäsäännöllisemmälle työstökoneiden käytölle, jolloin kierrätys toimii prosessinesteen käsittelyn aikana.

Paneelilta on mahdollisuus valita myös kolmivuorotoiminto, jota käytetään silloin, kun työstökoneet ovat 24 tuntia joka päivä viikon aikana käytössä. Silloin kierrätyspumppu ei ole käytössä vaan puhtaan leikkuunesteen kierrättäminen järjestelmässä tapahtuu huollon aikana. Kierrätyspumppu ei ole käytössä kolmivuoron aikana, koska nestettä kiertää järjestelmässä riittävästi ajon aikana. Kierrätyksen tavoitteena on saada pidettyä neste liikkeessä ja samalla ajaa sitä suodattimien läpi. Mikäli neste seisoo pitkän aikaa paikallaan ilman kierrätystä, on mahdollista että sen laatu kärsii. Kuvassa 5 on Bauer Cobolt -keskusjärjestelmän pumpputila.



KUVA 5. Alhaalla oleva pumppu on painepumppu ja ylempänä oleva pienempi pumppu on kierrätyspumppu. (Valokuva 2013.)

8 OHJELMAN TOTEUTUS

Tässä luvussa on kerrottu ohjelman toteutuksesta ja siitä, miksi tehtyihin ratkaisuihin päädyttiin. Prosessinesteiden käsittelyjärjestelmän ohjelma koostuu automaattiohjauksesta, manuaaliohjauksesta, huollon ilmoituksesta, viikkokello-ohjauksesta sekä hälytyksistä ja kuittauksista. Ohjelma tehtiin FBD-kielellä rakenteisella ohjelmointitavalla, koska ohjelman kokonaisuus oli niin suuri, että rakenteinen ohjelmointitapa paransi ohjelman luettavuutta.

Järjestelmän ohjelmoimiseen käytettiin pääsääntöisesti digitaalisia tulo- ja lähtöliityntöjä. Logiikkaan kytkettiin myös yksi analoginen tuloliityntä, jolla saatiin mittaustieto painepumpun käyntiasteesta. Automaatti- ja manuaaliohjaus tehtiin FC-lohkoon, koska pääohjelma OB käyttää näitä lohkoja alitoimintoina. Lohkot eivät myöskään sisällä laskureita tai ajastimia, joiden muistia olisi tarvinnut määrittää retentiivisiksi. Retentiivisyydellä tarkoitetaan sähkökatkon yli kestäväää tietoa.

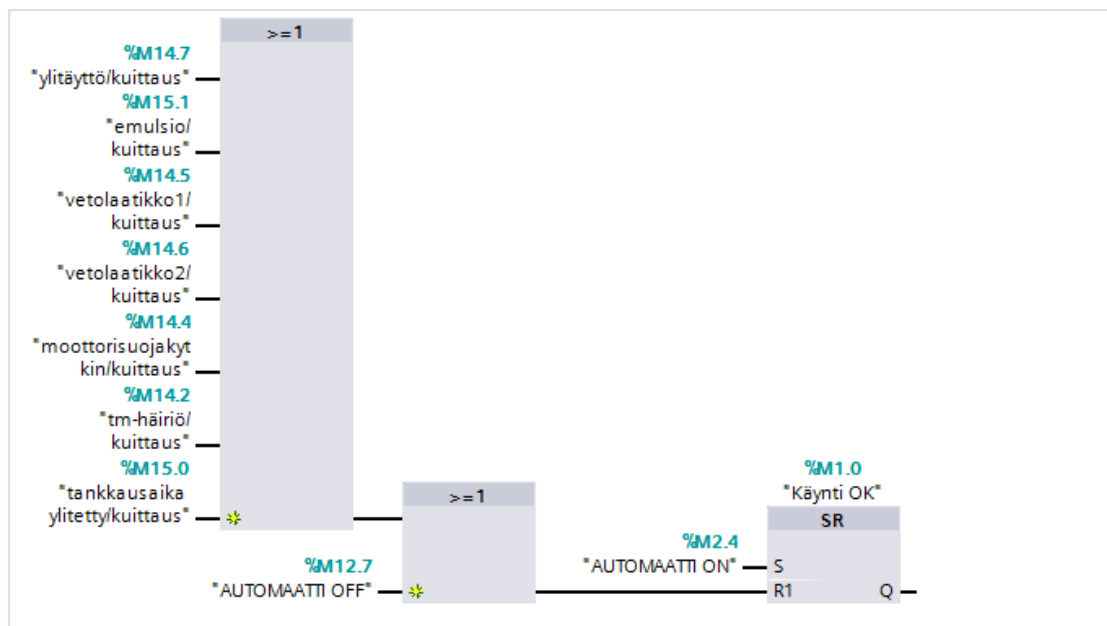
Huollon ilmoitus, työ- ja tauko-ohjaukset, käyttölaskurit, hälytykset ja kuittaukset sekä viikkokello tehtiin FB-lohkoon, koska lohkot sisältävät retentiivisiä arvoja. Ohjelmassa käytetyt asetusarvot ja reunantunnistus-merkkerit on tallennettu DB-tiedostoyksikköön, josta ohjelma hakee parametreja ohjelman suorituksen aikana.

8.1 Automaattiohjaus

Automaattiohjauksen lohko käyttää työ- ja tauko-ohjauksien lohkoa aliohjelmana. Työ- ja tauko-ohjauslohko sisältää kaikki automaattiohjauksessa tarvittavat ajastustoiminnot. Automaattiohjauksen ensimmäisessä lohkossa määriteltiin, millä ehdoilla järjestelmä saa luvan käynnistyä. Käyntiehtoon valittiin kaikki sellaiset tekijät, jotka vaikuttivat järjestelmän toimintaan ja turvallisuuteen. Käyntiehdot on määriteltävä hälytyksien ja kuittausten SR-piireistä, jotta järjestelmä toimisi järkevästi vikatilanteessa.

Hälytyksien piirit ovat tehty niin, että hälytys poistuu vasta sitten, kun vika on kuitattu ohjauspaneelilta. Tällä mahdollistetaan se, että ohjauspaneelin vika on pakko käydä kuittaamassa, ennen kuin käyttöä voidaan jatkaa. Koska käyntiehto toteutettiin tällä tavalla, käyttäjä ei pysty korjaamaan vikaa ja jatkaa järjestelmän ajoa, jolloin vikailmoitukset jäisivät roikkumaan turhaan näytölle. Järjestelmä saa luvan käynnistyä, kun kaikki ehdot täyttyvät ja paneelilta painetaan automaattiajo käyntiin.

Häiriötilanteessa käyntiehto menee tilaan nolla, jolloin automaattiohjaus lähtee pois käynnistä. Vika täytyy korjata, kuitata ja sen jälkeen painaa uudelleen automaattiohjaus käyntiin, ennen kuin käyttöä voidaan jatkaa. Automaattiohjaukseen tehtiin ehto jokaisesta manuaaliohjauksen painikkeesta, niin ettei yksikään toiminto saa olla käynnissä, jos automaatin laittaa käyntiin. Ehdolla estetään automaatti- ja manuaaliohjauksien samanaikainen toiminta. Jos manuaaliohjauksen toimintoja on käynnissä ja painetaan automaattiohjaus käyntiin, manuaaliohjaus sammuu ja automaattiohjaus käynnistyy. Käynti OK-ehtoa käytetään automaattiajon jokaisessa virtapiirissä. Kuviossa 1 on automaattiohjauksen käyntiehto.



KUVIO 1. Automaattiohjaus saa luvan käynnistyä, kun OR-funktion hälytykset on kuitattu ja ohjauspaneelin automaattiohjaus on laitettu käyntiin. Automaattiajo keskeytyy, jos jokin häiriöistä menee tilaan 1 tai automaattiohjaus laitetaan pois käynnistä.

Järjestelmä aloittaa tankkaamisen, kun paluupumppu ei ole käynnissä sekä yläraja ja varmuusraja eivät tunnista nestettä säiliössä. Tankkaaminen käynnistyy, kun alaraja menee tilasta 1 tilaan 0. Tankkaaminen keskeytyy, jos käyntiehto menee tilaan 0, paluupumppu käynnistyy, tankkauksen aikakatkaisun aika ylittyy tai ylä- tai varmuusraja menevät tilaan 1. Tankkaamisen ajastus on säädettävissä paneelilta halutun suuruiseksi, koska tankkausaikaan vaikuttavat pumpun koko sekä säiliön tilavuus. Ajastus käynnistyy, kun alaraja tunnistaa signaalin negatiivisen reunan.

Negatiivinen reunantunnistaminen tarvitsee TP-ajastimen, koska reunantunnistamisen tuottama signaali on niin lyhyt, ettei MULTIPLY-funktio pysty hyödyntämään saamaansa negatiivista reunaa ilman ajastinta. Negatiivinen reuna antaa MULTIPLY-

funktiolle pulssin, jolloin se laskee tankkauksen kestoajan ohjelmaan. MULTIPLY-funktion IN1-tuloon määriteltiin tagi ”tankkaus aika”, jonka datatyypiksi valittiin UDint. Datatyypiksi olisi riittänyt pienempi integeri, mutta laskurin input PT vaati vähintään 32-bittisen integerin. IN2-tuloon määriteltiin kertoimeksi yksi minuutti, jolloin käyttäjän syöttämä luku menee ohjelmaan minuutteina. Tankkaukseen määritelty aika menee päästöhidastukseen, joka toteuttaa käyttäjän määrittelemän tankkausajan.

Cobolt-endless-suodatin käynnistyy työ- ja tauko-ohjauksella tai silloin, jos suodattimen päällä oleva koho nousee riittävän korkealle. Työ- ja tauko-ohjaus alkaa tauolla, koska järjestelmän lähtiessä päälle oletetaan, ettei Cobolt-endless-suodattimen päällä ole metallin työstämisestä syntynyttä jätettä. Taukobitti menee päälle, kun työ- ja taukobitit eivät ole entuudestaan päällä ja järjestelmällä on käyntilupa (käynti OK). Taukopiirin alkuun laitettiin sekunnin mittainen vetohidastus, ettei taukobitti lähde heti uudestaan päälle, kun edellinen tauko aika on loppunut.

Työbitti käynnistyy, kun piiri havaitsee taukobitin laskevan reunan. Taukobitti menee tilaan 1 vasta, kun työbitti on sammunut, koska taukobitin ehtona on, ettei työbitti saa olla päällä. Cobolt-endless- ja magnet-suodattimilla on rakenteeltaan samanlaiset työ- ja tauko-ohjaukset, mutta molemmat tarvitsevat omat ohjaukset, että niille voi määrittää omat käyntiajat. Työ- ja taukoajat ovat säädettävissä paneelilta minuutteina. Cobolt-magnet toimii pelkästään työ- ja tauko-ohjauksella.

Painepumppu käynnistyy, kun työstökoneelta tulee nestepyyntö ja se sammuu nestepyyntön loppuessa. Paluupumppu käynnistyy samaan aikaan kuin painepumppu, mutta sammuu vasta käyttäjän määrittelemän ajan jälkeen painepumpun sammumisesta. Paluupumpun jälkikäynti on aseteltavissa paneelilta sekunteina, koska MULTIPLY-funktion IN2-tulon kertoimena on yksi sekunti. Paluupumpun toteutuksessa käytettiin päästöhidastusta, joka mahdollisti paluupumpun toimimisen painepumpun jälkeen.

Kierrätyspumpun käyntiehtona on, etteivät paluupumppu, öljynkerääjä ja kierrätyspumpun pakkosammutus ole käynnissä, paneelille on aseteltu päivävuoro ja kierrätyspumpun työbitti on tilassa 1. Työbitti käynnistyy Cobolt-oil-öljynkerääjän sammumisen jälkeen. Ennen kierrätysajan laskentaa on ehto, ettei kolmivuorotoiminto saa olla päällä. Ehto estää kierrätyspumpun työbitin menemisen päälle, jolloin kierrätyspumppu ei voi mennä päälle kolmivuorotoiminnon ollessa päällä.

Öljynkeräyksen käynnistymisen ehtona on, etteivät kierrätyspumppu ja paluupumppu saa olla käynnissä, käyntiehto on päällä ja öljynkeräyksen työ- ja tauko-ohjauksen työbitti on päällä. Öljynkerääjän työ- ja tauko-ohjaus on hieman monimutkaisempi kuin muiden toimintojen työ- ja tauko-ohjaukset, koska öljynkerääjä lähtee käyntiin joko paluupumpun tai kierrätyspumppun sammuttua. Paluupumpun tai kierrätyspumppun sammumisen jälkeen öljynkeräyksen täytyy alkaa tauolla, jotta öljy kerkeää erottumaan muun nesteen pintaan.

Öljynkerääjän tauko-ohjaukseen lisättiin OR-funktio, johon laitettiin käyntiehdoksi joko kierrätyspumppun työbitin laskeva reuna tai paluupumpun laskeva reuna. Öljynkerääjän tauon päälle kytkeytymisen ehtona on, että käynti-OK:n täytyy olla tilassa 1. Käynti-OK on siksi työ- ja tauko-ohjausten ehtona, että työ- ja taukokierto pysähtyy viimeistään työbittiin häiriötilanteessa.

8.2 Viikkokello-ohjaus

Viikkokellon toiminta edellyttää kellon luennan CPU:lta RD_LOC_T (read local time) -funktion avulla. Funktio vaihtaa kesä- ja talviajan automaattisesti, kun CPU:lle määriteltiin kesä- ja talviaikojen ajankohdat. Tiedostoyksikköön määriteltiin kellonaika DTL-datatyypiksi.

Ensimmäisenä määriteltiin viikonpäivien alue IN_RANGE-funktion avulla. Funktioon syötettiin viikonpäivien minimi- ja maksimiarvot, esimerkiksi 2 (maanantai) ja 6 (perjantai), jolloin viikkokello-ohjaus toimii maanantaista perjantaihin. Seuraavaksi määriteltiin tunnit, joina kierrätyspumppu haluttiin ohjata käyntiin. Tuntien ohjelmoimiseen tarvittiin suurempi tai yhtä suuri kuin funktio ja pienempi kuin funktio. Näiden funktioiden avulla pystyttiin määrittämään esimerkiksi, että kierrätyspumppu pyörii kello kahdeksan ja yhdeksän välisenä aikana.

Ohjelma lukee tunnit niin, että tuntien on oltava saman verran tai enemmän kuin kahdeksan, mutta vähemmän kuin yhdeksän. Tuntien valintaa koskevia piirejä täytyi tehdä neljä, koska kierrätyspumppu haluttiin käynnistyvän päivän aikana neljä kertaa. Minuutit määriteltiin samalla tavalla kuin tunnit. Minuuteilla pystytään säätämään, kuinka kauan kierrätyspumppu pysyy käynnissä haluttuna ajankohtana. Asettamalla minimiarvon paikalle nolla ja maksimiarvon paikalle 30 lähtee kierrätyspumppu tasatunnilla käyntiin ja sammuu puolen tunnin kuluttua.

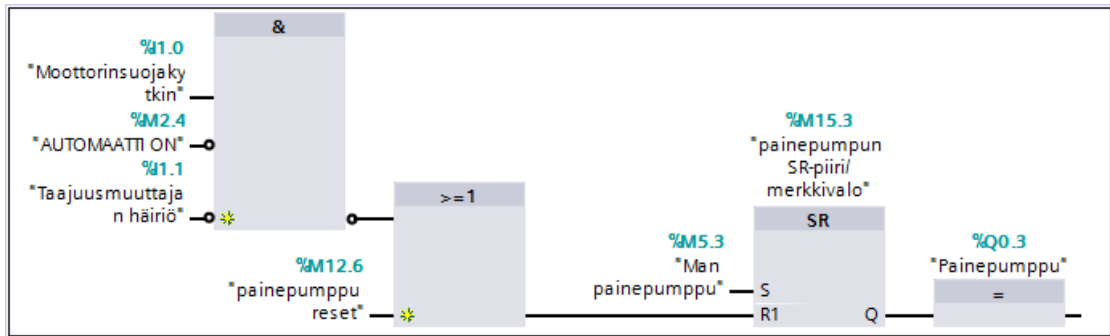
Ohjelma vertaa ensimmäiseksi asetettuja päivämääriä senhetkiseen aikaan. Jos senhetkinen päivämäärä osuu ohjelmaan määriteltyjen päivämäärien alueelle, ohjelma jatkaa seuraavaan virtapiiriin. Ohjelma ei etene seuraavaan virtapiiriin, jos senhetkinen aika ei ole ohjelmaan määritellyllä alueella. Seuraavaksi ohjelma vertaa tunteja senhetkiseen kellonaikaan ja jälleen siirtyy seuraavaan virtapiiriin. Viimeisenä ehtona ennen kiertopumpun käyntiä on minuuttien virtapiiri, joka vertaa aikaa samalla tavalla kuin päivien ja tuntien virtapiirit. Minuuttien osuessa määritellylle alueelle kiertospumppu käynnistyy. Sama ohjelma toistuu neljä kertaa eri ajankohdilla, minkä jälkeen ohjelma palaa takaisin alkuun. Paneelilta syötettävien arvojen datatyypinä käytettiin USint-datatyyppejä, koska arvot ovat kokonaislukuja ja arvot sen verran pieniä, että 8-bittinen integeri riittää ohjauspaneelille aseteltavan arvon määrittämiseen.

8.3 Manuaaliohjaus

Manuaaliajo toteutettiin siten, että toiminto käynnistyy, kun lähdön ehdot täyttyvät ja paneelilta klikkaa halutun toiminnon käynnistyspainiketta. Paneelin painike antaa ohjelmaan käynnistyspulssin, jolloin toiminnan resetoiminen on vikatilanteessa helppoa. Vikatilanteessa lähtö resetoituu SR-kiikun avulla, jolloin toiminto täytyy laittaa uudelleen käyntiin paneelilta vikatilanteen jälkeen. Järjestelmä on turvallinen käyttäjälle, koska vian korjaamisen jälkeen järjestelmä ei lähde heti käyntiin, kun vika on korjattu.

Manuaaliajon ehdot ovat jaoteltu pienempiin ryhmiin, ettei joku sellainen ehto estä lähdön päälle kytkeytymistä, mikä ei liity millään tavalla kyseisen pumpun tai moottorin käynnistymiseen. Esimerkiksi Cobolt-magnet-suodattimen voi käynnistää vaikka emulsio olisi syöttöputkesta loppu. Kun toimintojen käyntiehdot ovat pieniä, on häiriötilanteessa vian etsiminen nopeampaa. Kuitenkin jokaisen manuaaliohjauksen käyntiehtona on, ettei automaattiohjaus saa olla käynnissä ja moottorisuojakytkimen täytyy olla päällä.

Cobolt-magnet- ja endless-suodattimilla käynnistysehtona on, että molempien suodatinratojen luukkujen täytyy olla kiinni, koska muussa tapauksessa saattaisi aiheutua vaaratilanne, jos toinen suodatinratojen luukuista olisi auki ja toinen suodatinradoista olisi käynnissä. Paine pumpun käynnistyksen ehtona on, ettei taajuusmuuttaja saa olla häiriössä. Paine pumpun manuaaliohjauksen virtapiiri on esitetty kuviossa 2.



KUVIO 2. Painepumppu voidaan käynnistää, kun moottorisuojakytkin on tilassa 1, automaattiohjaus on tilassa 0 ja taajuusmuuttaja ei ole häiriössä.

Paluupumpun käynnistykseen vaikuttaa säiliössä oleva ylitäytön raja, koska jos allas on pintaan saakka täynnä, ei sinne ole syytä laskea enää yhtään nestettä. Öljynkeräykselle ja kierrätyspumppulle ei tarvittu muita käynnistysehtoja moottorisuojakytkimen ja automaattiohjauksen lisäksi, kuin napinpainallus ohjauspaneelilta. Tankkaaminen voidaan käynnistää, jos säiliössä ei ole ylitäyttöä ja emulsion syöttöputkessa on tiivistetty. Tankkaamisessa käytetyn ylitäytön ehdolla poistettiin tilanne, että käyttäjä unohtaa tankkauksen päälle, mikä aiheuttaisi altaassa nesteen ylivuodon.

8.4 Merkkivalot ja hälytykset

Merkkivalojen tarkoituksena on näyttää kauempana oleville ihmisille, mitä järjestelmässä tapahtuu. Kun järjestelmä ei ole ajossa, eli automaatti- tai manuaaliohjaus ei ole päällä, palaa järjestelmässä keltainen merkkivalo. Järjestelmän ollessa joko automaatti- tai manuaaliohjauksella, koneessa palaa vihreä merkkivalo ja merkkivalon värin muuttuessa punaiseksi järjestelmässä on häiriö.

Aina, kun järjestelmään tulee häiriö, tulee siitä häiriöilmoitus ohjauspaneelille. Häiriöilmoitus voi tulla taajuusmuuttajan häiriöstä, lauenneesta moottorisuojakytkimestä, altaan ylitäytöstä, loppuneesta emulsion tiivisteestä, tankkausajan ylityksestä sekä magneetti- tai endless-suodattimen auki olevasta vetolaatikosta.

Järjestelmään tehtiin huollon ilmoitus, joka kehottaa käyttäjää tekemään järjestelmälle luvussa 3.3.2 esitetyt tarkastus- ja huoltotoimenpiteet. Huollon ilmoitus tehtiin samalla periaatteella, kuin viikkokellotoiminto. Huollon signaali tulee kuukauden ensimmäisenä päivänä kahdeksan aikaan aamulla. Jokaiselle häiriölle ja ilmoitukselle laitettiin MOVE-funktio, jolla pystyttiin siirtämään bitti päälle 16-bittisestä bittijonosta. Kaikki hälytykset laitettiin samaan merker wordiin, koska kaikki hälytykset mahtuivat sa-

maan bittijonoon. Hälytyksien perään laitettiin ajastimet, joilla kerätään tietoa häiriöiden kestoajoista. Häiriöajat ovat luettavissa ohjauspaneelilta.

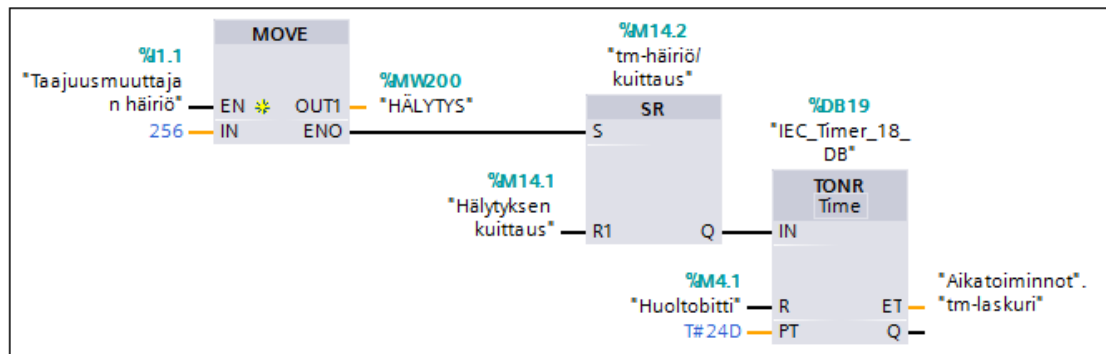
Hälytyksien kuittamiseen käytettiin wordin AND-funktiota, jolla sammutetaan tietty bitti bittijonosta. Word AND-funktion IN1-tuloon määritettiin, mistä merker wordistä bitti halutaan nollata ja tuloon IN2 määriteltiin kuittauksen lukuarvo. Word AND-funktion tuloon määriteltiin kuittauspulssi, joka liipaisee hälytyksen nollassi. 16-bittinen word-bittijono on lukuarvona 32767, joka tarkoittaa sitä, että jokainen bitti on bittijonossa tilassa 1.

Esimerkiksi moottorisuojakytkimen hälytys toteutettiin siten, että hälytys menee bittijonon bittiin 1. Hälytys kuitataan luvulla 32765, koska bitti 1 on lukuarvona 2. Tällöin bittijonon kaikki muut bitit pysyvät muuttumattomina, ja ainoastaan bitti 1 nollautuu. Taulukossa 1 on esitetty jokaisen hälytyksen bitti, hälytyksen lukuarvo, kuittauksen lukuarvo ja kuittauksen heksadesimaali.

TAULUKKO 1. 16-bittisen bittijonon käyttö hälytyksissä.

hälytys	bitti	hälytyksen lukuarvo	kuittauksen lukuarvo	kuittauksen heksadesimaali
moottorisuojakytkin	1	2	32765	7FFD
vetolaatikko 1	2	4	32763	7FFB
vetolaatikko 2	3	8	32759	7FF7
ylitäyttö	4	16	32751	7FEF
emulsio	5	32	32735	7FDF
tankkaus	6	64	32703	7FBF
huolto	7	128	32639	7F7F
taajuusmuuttaja	8	256	32511	7EFF

Hälytyksille on omat laskurit, jotka ottavat aikaa niin kauan, kunnes häiriö kuitataan. Laskurit keräävät häiriöaikaa kuukauden ajan, minkä jälkeen laskuri nollautuu. Hälytysajat nollataan huollon ilmoituksen pulssilla kuukauden ensimmäisenä päivänä. Huollon ilmoituksen laskuria ei voida kuitata samalla pulssilla, koska laskuri resetoituisi heti, kun huollon ilmoitus tulisi ohjauspaneelille. Tämän vuoksi huollon laskurille tehtiin oma resetointipulssi huoltoilmoituksen lohkon. Huoltoilmoitus resetoidaan aina kuukauden 28. päivä, koska karkausvuosina helmikuussa on poikkeuksellisesti vain 28 päivää. Kuviossa 3 on esimerkki taajuusmuuttajan hälytyksestä.



KUVIO 3. Taajuusmuuttajan hälytys liipaisee bittijonon kahdeksannen bitin tilaan 1. Häiriö ei lähde pois, ennen kuin vika on kuitattu ohjauspaneelilta. Hälytysvirtapiirin perässä on laskuri, joka ottaa aikaa häiriön kestoajasta.

Painepumpun käyntiaste saatiin logiikkaan taajuusmuuttajan +/- 10 V:n tulosta. Painelähetin kytkettiin suoraan taajuusmuuttajaan, josta jännitetieto otettiin logiikkaan. +10 V:n tieto vastasi 16-bitin lukuarvona 27450, joka saatiin skaalattua paneelille 0 – 100 alueelle jakamalla luku 274:llä.

8.5 Käyttöliittymän toiminta ja ulkoasu

Ohjauspaneelin ulkoasu suunniteltiin siten, että jokaisella sivulla on näkyvillä Bauer Cobolt:n logo, päivämäärä ja kellonaika. Taustan väriksi valittiin valkoinen, koska silloin ohjauspaneelilta on helpompi lukea, kun teksti on tumma ja tausta valkoinen. Tuotteen logo ja aika sijoitettiin paneelin ylälaitaan ja erotettiin muusta näytöstä poikittaisen viivan avulla.

Ohjauspaneelissa on kuusi pikanäppäintä, joista viisi otettiin käyttöön. Näppäimille kirjoitettiin paneelin alareunaan ohjeet, mistä painikkeesta tapahtuu mitään. Pikanäppäimille olisi voitu valita myös symbolit näyttämään pikanäppäimien tarkoitukset. Symboleita ei kuitenkaan otettu käyttöön, koska näytön visuaalinen ilme olisi kärsinyt. Pikanäppäimestä F1 kirjaudutaan sisään, F2 kirjaudutaan ulos, F3 siirrytään info-sivulle, F4 palataan takaisin kotisivulle ja F5 kuitataan hälytys.

Sivujen asetteluista tehtiin sapluuna eli template, jota käytettiin jokaisella paneelin sivulla. Pikanäppäinten toiminnot määritettiin templateen, jolloin pikanäppäinten toiminnot ovat samat jokaisella sivulla. Sivulta sivulle siirtyminen tapahtuu niin, että painetaan sivua minne halutaan siirtyä ja takaisin edelliselle sivulle pääsee pikanäppäimen F4 avulla. Info-valikossa on monta sivua, joten siirtyminen sivulta sivulle tapah-

tuu alalaitaan tehtyjen nuolinäppäinten avulla. Aika-asetteluissa on myös kaksi sivua joita voi vaihtaa nuolinäppäimistä. Kuviossa 4 on ohjauspaneeliin suunniteltu aloitus-sivu.



KUVIO 4. Aloitussivulta voi valita ajotavan, päivävuoro- tai kolmivuorotoiminnon, määrittellä aika-asetteluita, tarkkailla painepumpun käyttökapasiteettia, tarkastella hälytyksiä, katsoa häiriökestoajoja tai pakottaa kierrätyspumpun pois päältä.

Info-sivulla on käyttäjälle kaikki tarvittavat ohjeet, joita tarvitaan Bauer Cobolt -keskusjärjestelmän käyttöön. Sivuille laitettiin opasteet, kuinka ajotavan valinta toimii, mitä tapahtuu kierrätyspumpun pakko sammutuksesta, mikä tarkoitus on kolmivuorolla ja päivävuorolla sekä miten niiden toiminnat eroavat toisistaan. Aika-asetteluista kerrottiin järjestelmän oletusaika-arvot ja viikkokellon asetteluun tarvittavat ohjeet. Hälytyksistä kerrottiin, mitkä hälytykset ovat mahdollisia tulla hälytyslistaan, miten hälytystilanteessa tulisi toimia ja kuinka hälytykset kuitataan.

Aloitussivulla on päävalikko, joka sisältää seuraavat toiminnot: Ajotapa, aika-asettelut, painepumpun käyntiaste, hälytykset, laskurit, kierrätyspumpun pakko sammutus sekä kolmivuoro- ja päivävuorotoiminto. Kierrätyspumpun pakko sammutuksesta saa tarvittaessa kierrätyspumpun pois päältä. Normaalitilassa painikkeesta lukee teksti *"kierrätyspumpun pakko sammutus OFF"* ja kun sammutus on painettu päälle *"kierrätyspumpun pakko sammutus ON"*.

Ajotapapainikkeesta aukeaa uusi sivu, mistä järjestelmää voi ohjata joko automaattisesti tai manuaalisesti. Jokaiselle toiminnolle on omat käynnistys- ja sammutus-

painikkeet, joita klikkaamalla toiminnot käynnistyvät tai sammuvat. Jokaisen toiminnon ON- ja OFF-painikkeiden vieressä on merkkivalot, jotka näyttävät, mitkä toiminnoista ovat päällä. Toiminnon ollessa käynnissä merkkivalo palaa vihreänä ja toiminnon ollessa sammuksissa merkkivalo palaa punaisena. Järjestelmän manuaaliohjauksella voidaan ohjata Cobolt-magnet-suodatinta, Cobolt-endless-suodatinta, Cobolt-oil-öljynkerääjää, Cobolt-mix-sekoittajaa, kierrätyspumppua, painepumppua ja paluupumppua.

Aika-asettelut-painikkeesta aukeaa sivu, josta pääsee muuttamaan pumpputoimintojen ja suodatinratojen käyntiaikoja. Ensimmäiseltä aika-asettelujen sivulta voidaan muuttaa suodattimien ja öljynkerääjän työ- ja tauko-ohjausaikoja, kierrätyspumppun käyntiaikaa, tankkauksen kestoaikaa ja paluupumppun jälkikäynnin aikaa. Toiselta aika-asettelujen sivulta pääsee määrittelemään kierrätyspumppun viikkokellon toiminta-aikoja.

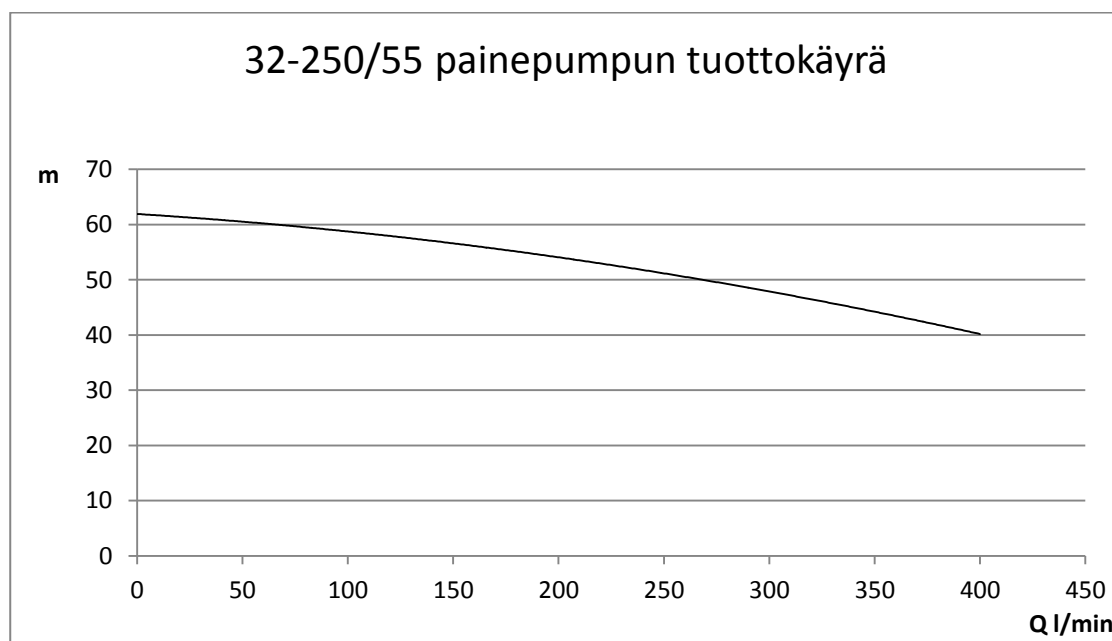
Käyntiaikoja voi muuttaa vain ne henkilöt joilla on tunnukset järjestelmään. Sisäänkirjautuminen estää, ettei kuka tahansa asiasta tietämätön pääse muuttamaan käyntiaikoja ja näin ollen sekoita järjestelmän toimintaa. Jos järjestelmään ei ole kirjaututtu sisään ja painaa jonkun toiminnan käyntiajan kohdalta, järjestelmä kysyy tunnuksen ja salasanan.

Hälytyssivulta näkee kuitatut ja kuittaamattomat hälytykset. Hälytyksen teksti voidaan kuitata hälytysikkunan !-painikkeesta ja ohjelma kuitataan F5-painikkeesta. Hälytysikkunan ?-painikkeesta saa tietoja, miten kyseisen hälytyksen ilmetessä tulisi menetellä. Hälytyssivuun tallentuu 31 viimeisintä hälytystä, jossa saapuneet hälytykset ovat merkitty I kirjaimella (Incoming), korjatut hälytykset O kirjaimella (Outgoing) ja kuitatut hälytykset A kirjaimella (Acknowledged). Kirjaimet helpottavat käyttäjää tietämään, mitkä hälytykset ovat kuitattuja. Kirjainten lisäksi uudet hälytykset näkyvät paneelilla punaisella ja kuitatut vihreällä värillä. Hälytyksistä tehtiin kaksi luokkaa: hälytysluokka ja ilmoitusluokka, mitkä tulevat näytölle häiriön tai huoltoilmoituksen saapuessa. Hälytyslistasta nähdään myös hälytyksen saapumisen päivämäärä ja kellonaika.

Laskurit-sivulta voidaan tarkastella järjestelmän käyttökapasiteettia ja häiriöiden kesto-aikoja. Tiedoilla voidaan kehittää järjestelmän toimintaa, jos hälytyksiä ilmenee usein jollain tietyllä osa-alueella. Sivusto on lähinnä Cobolt-keskusjärjestelmän myyjää varten, koska aikanaan logiikkaa pääsee tutkimaan Internetin avulla, josta näkee,

kuinka paljon järjestelmää käytetään ja miten sitä käytetään. Tämän vuoksi sivu suojattiin salasanalla.

Käyttökapasiteetin sivulta voidaan tarkkailla, kuinka kovassa käytössä painepumppu on. Painepumpun +/- 10 V jänniteviesti otettiin taajuusmuuttajalta, joka antaa tietoa leikkuunestettä syöttävän putken paineesta. Analoginen viesti otettiin CPU:n osoitteesta IW 64, jota käytettiin ohjauspaneelin mittarissa. Mittarin viereen laitettiin painepumpun tuottokäyrä, joka on esitetty kuviossa 5.



KUVIO 5. Käyrästä voidaan lukea Bauer Cobolt -keskusjärjestelmän painepumpun ominaisuuksia. Käyrästä nähdään, kuinka korkealle pumppu voi nostaa vesipatsaan (m) ja kuinka suuri on tällöin painepumpun tuottama tilavuusvirta (Q l/min). (LOWARA S.R.L/ITT Industries 2006.)

Tuottokäyrästä voidaan lukea painepumpun toiminnan kannalta tärkeitä tietoja. Vasemmasta pystysarakkeesta voidaan lukea, kuinka korkealle painepumppu pystyy nostamaan vesipatsaan. Mitä korkeammalle pumppu pystyy nostamaan vesipatsaan, sitä parempi on pumpun paineentuottokyky. Esimerkiksi, jos pumppu nostaa vesipatsaan 60 metrin korkeuteen, sen paineentuottokyky on silloin 6 bar. Alhaalla olevasta vaakasarakkeesta pystytään katsomaan pumpun tuottama nestevirta. Jos pumpulla halutaan nostaa vesipatsas esimerkiksi 50 metrin korkeuteen, se voi pumpata nestettä noin 270 l/min 5 baarin paineella. (Mähönen 23.4.2013.)

9 KÄYTTÖÖNOTTO

Tässä luvussa käsitellään, kuinka käyttöönotto tehtiin ja minkälaisia haasteita työn aikana kohdattiin. Käyttöönotto tehtiin ohjelmallisesti, koska järjestelmän mekaniikka ei ollut vielä siinä vaiheessa, että järjestelmää olisi voitu oikeasti testata.

Käyttöönotosta tehtiin käyttöönottosuunnitelma, jonka mukaan käyttöönotto tehtiin. Käyttöönottoa varten tarvittiin kytkin, jotta logiikan CPU, HMI-näyttö ja PC saatiin yhdistettyä keskenään. CPU:n ja kytkimen välillä ja HMI-näytön ja kytkimen välillä käytettiin RJ-45-ristiinkytkentäkaapeleita, koska kyseessä oli samanarvoiset laitteet. PC ja kytkin voitiin yhdistää suoralla RJ-45-kaapelilla, koska kyseessä oli eriarvoiset laitteet.

Ennen kuin ohjelma ajettiin logiikkaan, täytyi HMI-näytölle ja CPU:lle määrittää IP-osoitteet. Tietokoneen ohjauspaneelilta valittiin Internet-protokollaksi 4 (TCP/IPv4), johon määriteltiin ohjelmointilaitteen IP-osoite. CPU:lle ei voitu määritellä mitä tahansa IP-osoitetta, vaan se täytyi määritellä TIA Portaalin etsimän osoitteen mukaan. Ensimmäiset ongelmat johtuivat siitä, ettei yhteyttä saatu muodostettua PC:n ja logiikan välille. Vika saatiin korjattua muuttamalla CPU:n IP-osoite TIA Portaalin etsimään osoitteeseen, joka löytyi klikkaamalla *online & diagnostics/functions*.

Käyttöönoton ensimmäinen vaihe oli tarkistaa, että ohjelmaan tehdyt tulot ja lähdöt täsmäsivät logiikan kytkettyihin tuloihin ja lähtöihin. Ohjelman seuraaminen PC:ltä onnistui parhaiten monitoroinnin avulla, jolloin piirin väri muuttui vihreäksi siltä osin, kun piirin ehdot täyttyivät. Tuloja ja lähtöjä tarkastettaessa huomattiin, etteivät logiikan lisämoduulit reagoineet signaalitilojen muutoksiin, vaikka CPU:ssa olevat tulot ja lähdöt toimivat. Vaikka monitorointi näytti, että ohjelmassa lähtö meni tilaan 1, eivät logiikan lisämoduulit reagoineet fyysisesti lähdön tilan muutokseen. Lisämoduulit saatiin toimimaan, kun ohjelma ladattiin logiikkaan eri tavalla. Alussa ohjelmaa yritettiin ladata työkalupalkin download-symbolista logiikkaan. Tämän jälkeen ohjelma ladattiin klikkaamalla PLC:tä hiiren oikealla näppäimellä, josta valittiin download to device/all, jolloin lisämoduulit rupesivat toimimaan.

Kun logiikka saatiin toimintakuntoon, aloitettiin manuaaliohjauksen käyttöönotto. Käyttöönoton ajaksi kytkettiin pieni moottori magneettisuodattimen lähdön paikalle. Moottorilla oli hyvä testata ohjelman toimintaa käyttöönoton aikana. Käyttöönottoa helpotti TIA Portaalin force table-toiminto, jolla pystyttiin pakottamaan ohjelman tuloja ja lähtöjä tilaan 1 tai tilaan 0. Toiminnon lisäksi ohjelman ehtoja simuloitiin kapasitiivi-

sen lähestymiskytkimen ja pintavahdin avulla. Manuaaliajon käyttöönotossa huomattiin, ettei logiikka toiminut vieläkään kunnolla. Oli omituista, että osa ohjelmalohkon piireistä toimi oikein, mutta osassa oli vielä samaa vikaa kuin alussa. Monitorointi näytti, että piirissä toiminto meni tilaan 1, mutta logiikka ei fyysisesti reagoinut lähdön tilan muutokseen.

Tästä syystä tehtiin kokonaan uusi pienoishjelma, jolla yritettiin saada kaikki logiikan moduulit toimimaan. Ohjelmaan tehtiin yksi piiri, jonka tulojen ja lähtöjen osoitteet valittiin jokaisesta eri moduulista. Yksinkertaistettua ohjelmaa simuloitiin jälleen kapasitiivisella lähestymiskytkimellä ja pintakytkimellä. Moduulit saatiin toimimaan ensimmäisellä yrityksellä oikein.

Tämän jälkeen kokeiltiin manuaaliajota siten, että ohjelma kopioitiin uuteen ohjelmalohkoon ja vanha lohko poistettiin. Ohjelman kopioiminen ja liittäminen uuteen lohkoon auttoi manuaaliajon toimintaan, millä vika saatiin korjattua. TIA Portaalissa täytyi ottaa huomioon, ettei uutta piiriä saanut lisätä piirien väliin muutoksia tehtäessä, vaan uusi piiri on aina lisättävä ohjelmalohkon perälle. Ohjelman suunnitteluvaiheessa tehtiin muutoksia uusien ideoitten myötä, milloin ei kiinnitetty huomiota, mihin kohtaan lohkoa muutoksia lisättiin. Koska kaikissa muissa lohkoissa saattoi olla sama vika, kopioitiin ja liitettiin kaikki vanhat lohkot uusiin lohkoihin, ettei vika enää toistuisi myöhemmissä käyttöönottovaiheissa.

Manuaaliohjauksen piirien I/O:t sekä HMI-näytön merkkereiden osoitteet saatiin tarkistettua monitoroinnin avulla. Manuaaliin täytyi kuitenkin tehdä muutos HMI-näytön painikkeiden kannalta. Paneelin painikkeet olivat ohjelmoitu niin, että painikkeen painaminen asetti ohjelmaan bitin päälle. Idea ei kuitenkaan toiminut vikatilanteessa, koska häiriötilanteen korjauksen jälkeen keskeytynyt toiminto olisi lähtenyt suoraan päälle ilman kuittausta.

Painikkeisiin vaihdettiin toiminnoksi *PressWhileKeyPressed*, jolloin painike antoi vain käynnistykseen tai sammuttamisen tarvitseman pulssin. Manuaaliajon ohjelmalohkon virtapiireihin lisättiin SR-kiikut, jotka asettivat käynnistyspulssista toiminnon päälle. Muutos mahdollisti järjestelmän turvallisen toiminnan, koska vikatilanne resetoit käynnistyspulssin. Vian korjaamisen jälkeen painiketta täytyi painaa uudestaan, että toiminto meni päälle.

Seuraavaksi aloitettiin automaattiajon käyttöönotto, mistä ensimmäisenä tarkistettiin käyntiehdon toimivuus ja häiriön kuittaus. Automaatin käynnistyminen ja sammuttaminen oli alussa tarkoitettu toimimaan niin, että molemmat toiminnot toimisivat samasta painikkeesta. Käyttöönotossa kuitenkin huomattiin, että painikkeen palautuminen vikatilanteessa on vaikea tai mahdoton toteuttaa yhtä painiketta käyttäen. Tästä syystä automaattiajon käynnistyminen, sammuttaminen ja toiminta vikatilanteessa toteutettiin samalla periaatteella kuin manuaaliajon ohjaamisessa.

Tankkaamisen ajastuksen resetoinnissa oli ongelmia, koska negatiivinen reunantunnistus ei toiminut niin kuin suunniteltiin. Negatiivisen reunantunnistuksesta selvisi, että sen antama pulssi on todella lyhyt, kun negatiivinen reuna tunnistettiin. Vika korjaantui, kun negatiivisen reunan tunnituksen jälkeen laitettiin ajastin, joka teki pulsista pitemmän. Lisäksi reunantunnistuksen tarvitsema merkkiä täytyi tehdä DB-tiedostoyksikköön eikä tagilistaan.

Tankkauksen ajastusta simuloitiin siten, että kapasitiivinen anturi kytkettiin tuloon I0.3, joka kuvasi emulsiota syöttöputkessa. Tällä pystyttiin simuloimaan tilanne, jossa emulsio loppuu ajon aikana syöttöputkesta, jolloin tankkauksen täytyi pysähtyä. Pintavahti kytkettiin tuloon I1.2, millä simuloitiin nesteenpinnan alenemista alarajan alapuolelle, jolloin tankkausajan oli tarkoitus käynnistyä.

Automaattiohjauksen kaikki käyntiehdot toteutuivat, paitsi kapasitiivinen anturi ei tunnistanut emulsiota syöttöputkessa, koska se täytyi itse simuloida pintavahdin avulla. Automaattiajo laitettiin paneelilta käyntiin ja pintavahti käännettiin toiseen asentoon, jolloin tankkaus aika käynnistyi. Tankkausajaksi aseteltiin paneelilta minuutti, jonka kuluttua tankkaus loppui. Tankkausta kokeiltiin vikatilanteessa ja normaalitilanteessa ilman vikaa, minkä jälkeen todettiin, että tankkaus toimi niin kuin oli suunniteltu.

Automaattiajo sisältää työ- ja tauko-ohjauksia, joissa käytettiin reunantunnistusfunktioita. Työ- ja tauko-ohjauspiireihin täytyi lisätä ajastimet sekä tehdä DB-tiedostoyksikköön jokaiselle reunantunnistukselle omat merkkerit. Suodatinratojen työ- ja tauko-ohjaukset saatiin toimimaan ajastimien ja merkkereiden lisäämisen jälkeen, minkä jälkeen Cobolt-endless- ja magnet-suodatinratojen toiminnot olivat kunnossa. Työ- ja tauko-ohjauksien suunnitteluun käytettiin paljon aikaa ennen käyttöönottoa, koska niiden suunnittelu oli automaattiohjauksessa vaikeinta toteuttaa.

Painepumpun toiminnan tarkastus oli yksinkertainen, koska sen toiminnan edellyttää nestepyyntö, joka simuloitiin force table-toiminnon avulla. Paluupumpun toiminnassa

havaittiin ongelma häiriötilanteessa. Häiriötilanteessa paluupumppu ei sammunut heti, vaan vasta sen jälkeen, kun päästöhidastukseen aseteltu aika päättyi. Paluupumpun sammumatta jääminen vikatilanteessa ei kuitenkaan haitannut, koska paluupumppu tyhjentää vain prosessinesteen työstökoneen altaasta. Paluupumpun toimiminen häiriön aikana ei aiheuta järjestelmälle tai ihmisille vaaraa, joten ohjelmaa ei muutettu ja se todettiin toimivaksi.

Automaattiajon käyttöönoton haasteellisin osio oli paluupumpun, öljynkerääjän ja kierrätyspumpun järjestelmällinen toiminta. Tällä tarkoitetaan sitä, että paluupumpun sammuminen määrää öljynkerääjän ja kierrätyspumpun käyntiajankohtia. Lisäksi käyttöönottoa vaikeutti kolmivuorovalinta, joka sulki pois kierrätyspumpun käynnistymisen.

Ensimmäiseksi tarkastettiin, että öljynkerääjän taukoaika käynnistyi paluupumpun sammumisen jälkeen. Ohjelman tarkistuksen ajaksi paluupumpun paikalle vaihdettiin osoite I1.2, johon oli kytketty pintavahti. Pintavahdin avulla pystyttiin simuloimaan paluupumpun käynnistymistä ja sammumista. Osoitteessa I0.3 oli edelleen sama kapasitiivinen anturi, jolla pystyttiin simuloimaan ohjelman aikana esiintyviä häiriötilanteita.

Öljynkerääjän työ- ja taukoajoiksi sekä kierrätyspumpun käyntiajaksi aseteltiin minuutti, jolla pystyttiin toteamaan virtapiirien toiminta. Öljynkerääjän työ- ja tauko-ohjaus toimi onnistuneesti, minkä jälkeen bitti siirtyi kiertopumpun työvaiheeseen. Kiertopumpun työbitin jälkeen käynnistyi öljynkeräyksen taukoaika, joka todisti sen, että öljynkeräyksen ja kiertopumpun kierrot toimivat oikein.

Seuraavaksi tehtiin sama koe, johon lisättiin häiriötilanne. Häiriötilanne ei keskeyttänyt käynnissä olevaa työ- tai taukoajan bittiä, mutta se pysäytti koko automaattiajon. Häiriön aikana bitti ei päässyt etenemään seuraavaan virtapiiriin, koska käyntiehtona oli, ettei häiriötä saa olla, kun työ- tai tauko-ohjaus oli käynnistymässä. Häiriön poiston jälkeen toiminto ei jatkunut siitä, mihin se keskeytyi, vaan se alkoi kokonaan alusta, jos häiriön aikana oleva bitti oli kerennyt mennä tilaan 0. Jos häiriö poistettiin ennen kuin öljynkeräyksen työbitti oli loppunut, öljynkeräys jatkui niin pitkään, kuin siinä oli työaikaa jäljellä, minkä jälkeen bitti siirtyi öljynkeräyksen tauon virtapiiriin. Tehdyt kokeet osoittivat, että automaattiajon virtapiirit toimivat oikein.

Ennen kuin viikkokellon toimintaa voitiin testata, oli logiikkaan saatava reaalinen päivämäärä ja kellonaika. Logiikan päivämäärä ja kellonaika määritettiin online & diagnostics-valikosta. Ohjelma lukee aseteltua kellonaikaa, jonka mukaan viikkokello toimii. Viikkokello-ohjauksen RD_LOC_T-funktion lähtö lukee koko ajan senhetkistä kellonaikaa logiikasta. Funktion symbolista osoitetta käytettiin myös HMI-näytön päivämäärän ja kellon asettelussa, jotta näytön aika ja päivämäärä olisivat reaaliajassa.

Viikkokellon testaaminen aloitettiin syöttämällä paneelille halutut kierrätyspumpun käyntiajat. Päivämääräksi aseteltiin 2 ja 6, jolloin kierrätys toimi maanantain ja perjantain välisenä aikana. Ensimmäinen kierrätys aloitettiin kello 8 ja 9 välisenä aikana ja kierrätyksen ajaksi aseteltiin yksi minuutti asettamalla ensimmäisen kierrätyksen aloitukseen 0 ja lopetukseen 1. Testin ajaksi kierrätyspumpun merkkerin paikalle vaihdettiin magneettisuodattimen osoite Q0,2, jossa oli vieläkin alussa kytketty moottori. Viikkokellon toimintaa oli hyvä seurata paneelille asetellusta kellosta ja lähtöön Q0,2 kytketystä moottorista.

Viikkokello-ohjaus ei toiminut aluksi, koska kierrätyksen kaikki käyntiajat olivat kirjoitettu ohjelmaan peräkkäin. Vasta kaikkien neljän kierrätysajan jälkeen oli virtapiiri, jossa moottori ohjattiin päälle. Moottori ei pystynyt käynnistymään, koska ensimmäisen kierrätysajan jälkeen oli paljon virtapiirejä, jotka olivat ensimmäisen käyntiajan tiellä. Lohkoa muutettiin siten, että jokaisen käyntiajan jälkeen tehtiin virtapiiri, missä merkkeri asetettiin päälle. Lohkon rakennetta muutettiin siten, että ensimmäisellä yrityksellä käynnistys- ja sammutusvirtapiirejä oli yksi ja korjauksen jälkeen neljä. Tällä muutoksella viikkokello-ohjaus pystyi ohjaamaan moottorin käyntiin.

Viikkokello-ohjaus ei toiminut vieläkään täydellisesti, koska moottori pyöri jokaisella kierrätysajalla minuutin liian pitkään. Minuuttien asettelu toteutettiin aluksi samalla tavalla kuin viikonpäivien asettelu. Ohjelma ei kuitenkaan toiminut sillä tavalla, koska IN_RANGE-piiri oli johtavassa tilassa vielä funktion syötetyn maksimiarvon ajan. Ohjelmaa muutettiin siten, että minuutit määriteltiin samalla tavalla kuin tunnit, jolloin vika korjaantui. HMI-näytön viikkokellon aika-asettelut määriteltiin retentiivisiksi, eli ohjelmaan asetellut arvot säilyvät muuttumattomina sähkökatkon ajan.

Hälytyksien käyttöönotto toteutettiin force table-toiminnon avulla. Hälytyksien liipaisivat osoitteet kirjoitettiin force tableen, jolloin hälytyksiä oli helppo simuloida. Hälytykset tehtiin aluksi väärin, koska jokaista hälytystä varten oli tehty oma merker word. 16-bitin bittijonosta käytettiin vain yhtä bittiä hälytyksen liipaisuun, joka oli väärä tapa hälytyksien toteutukseen. Hälytyksien rakennetta muutettiin, niin että kaikki hälytykset

laitettiin samaan merker wordiin. Kaikki hälytykset, jotka pystyttiin pakottamaan force table-toiminnon avulla päälle, toimivat.

Tankkauksen ajastus- ja huollon ilmoitusbitit ovat merkkereitä, joten niitä ei voitu pakottaa päälle, koska ohjelma vaati, että osoitteiden on oltava input-tietoja. Tankkauksen ajastuksen simulointi toteutettiin siten, että alaraja pakotettiin päälle, joka käynnisti ajastuksen. Ajastus odotettiin loppuun, jolloin vikailmoitus ilmestyi näytölle. Huollon ilmoitus saatiin näytölle siten, että ohjelmaan aseteltiin senhetkinen aika, joka liipaisi huoltobitin. Huollon ilmoitus tuli näytölle, minkä jälkeen huollon ilmoitusaika vaihdettiin takaisin kuukauden ensimmäiseksi päiväksi.

10 TULOKSET

Siemens S7-1200- ja LOGO!-logiikan hyviä ja huonoja puolia vertailtiin SWOT-analyysin avulla. Tarkoituksena oli tutkia paraniko Bauer Cobolt -keskusjärjestelmän ominaisuudet logiikan vaihdon myötä, ja saavutettiinkö sillä yritykselle taloudellisia säästöjä. Arviointi tehtiin käytettävyyden ja logiikoiden ominaisuuksien perusteella. Toisessa tutkimuksessa käsiteltiin, mitä logiikat mahdollistavat releohjauksen sijaan.

10.1 Siemens LOGO!:n ominaisuuksia

Logiikan laajennettavuus onnistuu lisämoduulien avulla. Vielä muutama vuosi sitten laajennusmahdollisuutta ei ollut ja isompien järjestelmien ohjaaminen oli vaikea toteuttaa. Logiikan yhteydessä olevan näytön lisäksi saatavissa on lisänäyttö, joka parantaa hiukan automatisoidun järjestelmän käytettävyyttä. Automaattisen dokumentoinnin avulla on mahdollista saada tietoja ohjattavasta prosessista. Ohjelman suunnittelu onnistuu LOGO! Comfort-ohjelman avulla. LOGO! Comfortilla on mahdollista simuloida ohjelmia, mikä on hyvä ominaisuus logiikassa, koska ohjelman testaaminen ei edellytä PC:n kytkemistä logiikkaan. Hyvinä puolina logiikassa voi pitää myös aiempia käyttökokemuksia, sillä ohjelman opetteluun ei olisi mennyt aikaa. Logiikassa olisi kaikki perusominaisuudet, joita Bauer Cobolt -keskusjärjestelmässä tarvitaan, koska logiikan ei tarvitse pystyä ohjaamaan monimutkaisia säätöjä tai analogisia signaaleja.

Vaikka logiikassa onkin mahdollisuus lisänäyttöön, se ei vastaa kehityshankkeen tavoitteita käytettävyyden puolesta. Huonona puolena on myös etäyhteyden puuttuminen. Logiikalla ei pystyttäisi kehittämään järjestelmän ohjausta edellisistä Bauer Cobolt -tuotteista, joten yksi tärkeimmistä kehityshankkeiden tavoitteista jäisi saavuttamatta. LOGO!-logiikka on samaa koko luokkaa kuin 1200-sarjan logiikka ja ne ovat samaa hintaluokkaa, mikä on huono puoli, koska 1200-sarjan logiikan käyttöominaisuudet ovat paremmat kuin LOGO!:ssa.

Uhkana voidaan pitää etäkäytön puuttumista, koska vuoden aikana tulee monia tarpeettomia asiakaskäyntejä, jolloin järjestelmään on tullut ”vikaa”. Vika on johtunut monesti esimerkiksi pohjaan painetusta hätä-seis-painikkeesta, jolloin turhia kilometrejä tulee asiakaskäyntiä kohti keskimäärin 150 km.

10.2 Siemens S7-1200:n ominaisuuksia

Siemens S7-1200 -logiikan suurin etu on Ethernet-liittymän mahdollistama etäohjaus. Ethernet-liityntä mahdollistaa myös suurten konepajojen eri työstökoneiden välisen tiedon kulun. Logiikan laajennettavuus onnistuu helposti laajennusmoduulien avulla. Järjestelmän keräämää dataa voi tallentaa tarvittaessa muistikortille, jota voi käyttää myöhemmin vaikkapa Excelissä. Logiikan valmistajalla on runsaasti erilaisia käyttöliittymävaihtoehtoja, jotka tekevät järjestelmän käytöstä ja tiedon saannista miellyttävän.

Järjestelmään valittiin Simatic KTP 600 basic PN -ohjauspaneeli, jonka ohjelmointi oli yksinkertaista ja nopeaa. TIA Portaali ohjelmointi oli tehokasta, koska käyttöliittymän ja ohjelman suunnittelu onnistui samalla työkalulla. TIA Portaali mahdollisti myös käyttöliittymän simuloinnin, joka vuoksi ei tarvinnut olla logiikan kanssa yhteydessä, että näki ohjauspaneelin toiminnan. Ohjelman kellokytkin (viikkokello) mahdollistaa useita kytkentäaikoja päivän aikana käyttäjän valitsemina ajankohtina. Käyttöönottos- sa oli kätevää, että force table-toiminnolla pystyttiin pakottamaan tuloja ja lähtöjä päälle. Force table-toiminnosta oli suuri apu ohjelman käyttöönottossa, koska sen avulla ei tarvinnut simuloida antureilla jokaista ehtoa päälle tai pois päältä.

Logiikan huonona puolena ohjelmoinnin kannalta oli simuloinnin puuttuminen. Käyttöönotto olisi ollut paljon nopeampaa, jos ohjelmasta olisi saanut virheet pois simuloinnilla ennen käyttöönottoa. Aiempaa käyttökokemusta ei TIA Portaalista ollut, joten ohjelman käytön opetteluun meni paljon aikaa.

Ainoa uhka logiikassa on tietoturva. Etäyhteyden mahdollisuus asettaa vaatimuksia, miten järjestelmää pystytään suojaamaan haittaohjelmilta ja mahdollisesti myös hakereilta.

10.3 Logiikan valinta SWOT-analyysin perusteella

Molemmat logiikat ovat modulaarisia minilogiikoita, jotka soveltuvat hyvin pienempien automaatiokokonaisuuksien ohjelmointiin. S7-1200-logiikalla päästiin kehityshankkeen ohjauksen asettamien vaatimuksien tavoitteisiin. Sillä saavutetaan merkittävät kustannussäästöt, koska etäyhteyden avulla voidaan etsiä vikoja toimistolta käsin. Vaikka S7-1200-logiikka onkin hieman kalliimpi kuin LOGO!, sen ominaisuudet maksavat itsensä takaisin nopeasti. Yksi asiakaskäynti voi maksaa satoja euroja, jos ote-

taan huomioon polttoainekustannukset ja matkaan käytetty aika. HMI-paneeli paransi järjestelmän käytettävyyttä, koska käyttäjä pystyy kirjoittamaan ohjelmaan viikkokello- sekä työ- ja tauko kytkentäaikoja. Samalla viikkokellotoiminto parani, koska siihen saatiin enemmän mahdollisuuksia kytkentäajankohdille. Näytön visuaalinen ilme parani huomattavasti aiemmin käytettyyn LOGO!-n paneeliin verrattuna. Ainoa S7-1200-logiikan uhka poistui Siemensin Teleservice -tuotteella. Sen toiminta perustuu GSM-yhteyteen, joka mahdollistaa etäyhteyden joka paikkaan ja sillä saadaan tarvittava tietoturva.

Logiikan käyttökokemukset eivät vaikuttaneet logiikan valintaan, koska vain teknisillä ominaisuuksilla pystyttiin saavuttamaan kehityshankkeen tavoitteet. TIA Portaaliin tutustuminen oli hyvä asia, koska ohjelman käyttökokemuksista voi olla hyötyä tulevaisuudessa.

10.4 Etäyhteyden mahdollistamat kustannussäästöt

Kustannussäästöt laskettiin teoreettisilla arvoilla yrityksen ja sen asiakkaiden kannalta. Bauer Watertechnology Oy:n työntekijä joutuu käymään keskimäärin kerran viikossa asiakkaan luona, joka on ostanut Bauer Cobolt -tuotteita. Keskimääräinen matka on yhteen suuntaan noin 75 km. Kustannuksissa huomioitiin matkaan kulunut aika, henkilön tuottama liikevaihto yritykselle tuntia kohti, matkakorvaukset sekä osapäiväraha. Henkilön tuottama liikevaihto on noin 400 000 € vuodessa. Vuodessa työpäiviä kertyy noin 220 kappaletta ja työpäivän pituus on 8 tuntia. Kaavalla 1 saatiin laskettua työntekijän tekemä liikevaihto tuntia kohden.

$$\frac{400\,000\text{ €}}{220\text{ d} \times 8\text{ h}} = 227,3\text{ €/h} \quad (1)$$

Ajamiseen käytetty aika on pois työntekijän tekemästä liikevaihdosta yritykselle, mikä vuoksi se huomioidaan tappioksi asiakaskäynnillä. 150 km matkaan kuluu aikaa noin kaksi tuntia ja vian selvittämiseen vähintään saman verran kuin ajamiseen. Kilometrikorvaukset on 45 senttiä ajettua kilometriä kohden, mitkä yritys maksaa työntekijälle. Kaavalla 2 saatiin laskettua asiakaskäyntien aiheuttamat kustannukset yritykselle vuositasolla.

$$\left(150\text{ km} \times 0,45\text{ €} + 17\text{ €} + 227,3\frac{\text{€}}{\text{h}} \times 4\text{ h}\right) \times 52\text{ käyntiä} = 51\,672,4\text{ €} \quad (2)$$

Asiakaskäynnit maksavat yritykselle lähes 52 000 € vuodessa, joten etäyhteyden merkitys Bauer Cobolt -keskusjärjestelmässä on merkittävä. Teoriassa laskettu tulos voi olla vielä pienempi kuin todellisilla arvoilla laskettu tulos.

Asiakkaalle aiheutuu kuluja yrityksen ajamiseen kuluneesta ajasta, koska työstökoneet voivat olla kokonaan pysähdyksissä matkustamiseen kuluneen ajan verran. Arvioitu työstökoneen tuntihinta on noin 80 €/h. Keskimääräinen matka on noin 75 km, johon kuluu aikaa tunnin verran. Kaavalla 3 saatiin laskettua asiakkaille aiheutuvat kustannukset vuotta kohti.

$$(80 \frac{\text{€}}{\text{h}} \times 3h) \times 52 \text{ käyntiä} = 12480 \text{ €/vuosi} \quad (3)$$

Yrityksen asiakkaille aiheutuu lähes 13 000 €:n kustannukset vuodessa ajamiseen ja vikadiagnosointiin. Kehittynyt tekniikka ja nykyaikaiset komponentit lisäävät vanhojen ja uusien asiakkaiden kiinnostusta järjestelmää kohtaan, millä uskotaan olevan vaikutusta järjestelmän myyntiin.

Siemens S7-1200 -logiikan, kahden lisämoduulin ja GSM-moduulin kokonaishinta on noin 1 000 € ilman lisenssiä. Vaikka logiikan hinta nousee etäkäytön mahdollistamista komponenteista, logiikka maksaa itsensä takaisin jo yhden asiakaskäynnin aikana.

10.5 Logiikkaohjauksen hyödyt releohjaukseen verrattuna

Releohjaukset tekivät yksinkertaisienkin järjestelmien ohjaamisesta monimutkaisia. Releitä tarvittiin paljon, jolloin sähkökuvat olivat monimutkaisia ja hankalasti ymmärrettäviä. Ohjaukseen tehtävät muutokset olivat vaikeita toteuttaa ja joskus jopa mahdottomia. Muutoksien tekeminen vaati paljon aikaa, mikä maksoi paljon. Muutoksien tekeminen onnistui pelkästään ohjattavan järjestelmän läheisyydessä ja työn tekoon tarvittiin aina sähköalan ammattilainen. Tiedonkerääminen oli vaikeaa ja kallista, mikä rajoitti ohjattavien automaatiojärjestelmien toimintaa ja käyttöä. Releohjauksen hyvä puoli oli kuitenkin toimintavarmuus.

Logiikat ovat edullisia verrattuna releisiin, koska niiden ominaisuudet ovat niin paljon paremmat. Releiden poistamisen jälkeen ohjauksen toteuttamiseen ei tarvittu enää suurta tilaa ja eivätkä järjestelmät olleet niin monimutkaisia. Ohjaukseen tarvittu re-

leet korvattiin logiikkaan tallennettavien virtuaalisten piirien avulla, jotka antoivat paljon enemmän mahdollisuuksia ohjelmointiin kuin releet. Ohjattavasta järjestelmästä oli helppoa saada informaatiota erilaisten funktioiden avulla, mitkä eivät nostaneet ohjattavan järjestelmän kustannuksia. Muutosten tekeminen ohjaukseen onnistuu helposti ja nopeasti, eikä niiden tekeminen edellyttänyt välttämätöntä paikalla oloa. Vian etsiminen helpottui ohjelmointityökalun vikadiagnostiikan avulla. Logiikoiden liitännät mahdollistavat eri järjestelmien yhteen liittämisen ja niiden välisen tiedonkulun.

11 YHTEENVETO

Opinnäytetyö tehtiin Bauer Watertechnology Oy:lle. Työn tavoitteena oli suunnitella Bauer Cobolt -keskusjärjestelmään uusi logiikkaohjelma ja käyttöliittymän grafiikat sekä kartoittaa järjestelmässä käytetyt komponentit.

Leikkuunesteitä käsitellään, jotta työstön laatu pysyy hyvänä ja jotta leikkuunesteen elinkaari pidentyisi. Bauer Cobolt -keskusjärjestelmällä työstöprosessin tuottavuus ja toimintavarmuus paranee, käyttökatkot ja kunnossapidon määrä vähenee, leikkuunesteen elinkaari pitenee ja laatu paranee sekä työskentelyolosuhteet paranevat.

Komponenttien kartoituksessa päädyttiin käyttämään Bürkertin komponentteja, koska aiemmat käyttökokemukset ovat olleet hyviä ja yrityksellä on laaja tuotevalikoima. Uusi ohjelma saatiin käyttöönotettua ja käyttöliittymän grafiikat toteutettiin työn tuloksena. Bauer Cobolt -keskusjärjestelmän käyttöönottoa ei tehty, koska järjestelmässä kaikki mekaniikat ja sähköistykset eivät olleet valmiina. Etäyhteyttä ei saatu muodostettua opinnäytetyön aikana, mutta se tehdään järjestelmään jatkokehityksessä.

Etäyhteyden mahdollistamista taloudellisista hyödyistä tehtiin teoreettiset kustannuslaskelmat, joista kävi ilmi, että matkustamisesta ja vikojen diagnosoinnista aiheutuu yritykselle lähes 52 000 €:n kustannukset ja asiakkaille noin 13 000 €:n kustannukset vuotta kohti.

Aiemmin käytetyn LOGO!-logiikan ja uuden Siemens S7-1200 -logiikan ominaisuuksia vertailtiin keskenään, että saataisiin tietoa mitä logiikan vaihtaminen mahdollistaa järjestelmän ohjauksessa. Suurimpina syinä logiikan vaihtamiseen olivat S7-1200 -logiikan etäyhteyden mahdollisuus ja KTP 600 basic PN -paneelin parempi järjestelmän käytettävyyden. Lisäksi Siemens S7-1200 -logiikalla päästiin kehityshankkeen tavoitteisiin.

Työ onnistui hyvin, ja siitä saatiin arvokasta kokemusta tulevaisuuden työtehtäviin. TIA Portal -ohjelma tuli tutuksi työn aikana, mikä on tärkeää, koska Siemensin ohjelmointityökalut ovat hyvin yleisiä. Työn onnistumiseen vaikuttivat oman panostuksen lisäksi myös koulun ja työpaikan ohjaavien opastus. Erityiskiitokset kuuluvat koulun ohjaavalle opettajalle lehtori Asko Tikanojalle ja Bauer Watertechnology Oy:n projekti-insinööri Toni Mähöselle.

LÄHTEET

Bauer-Coboltin www-sivu [viitattu 17.12.2012]. Saatavissa: http://www.bauer-cobolt.com/tuotteet/cobolt_oil_oljynkeraajat.

Bauer-Coboltin www-sivu [viitattu 17.12.2012]. Saatavissa: http://www.bauer-cobolt.com/tuotteet/cobolt_suodatusjarjestelmat.

Bauer-Coboltin www-sivu [viitattu 17.12.2012]. Saatavissa: http://www.bauer-cobolt.com/tuotteet/cobolt_mix_lastuamismesteen_sekoittajat.

Fonelius, J., Laitinen, E., Pekkola, K., Sampo, A., Välimaa, T. 1994. Anturit. Helsinki: Painotalo Oy.

Fonelius, J., Pekkola, K., Selomaa, S., Ström, M., Välimaa, T. 1996. Automaatiolaitteet. Jyväskylä: Oy Edita Ab.

Keinänen, T., Kärkkäinen, P., Lähetkangas, M., Sumujärvi, M. 2007. Automaatiojärjestelmien logiikat ja ohjaustekniikat. Helsinki: WSOY oppimateriaalit Oy.

Mähönen, T. 2012. Projekti-insinööri. Vantaa 15.10.2012. Haastattelu.

Mähönen, T. 2012. Projekti-insinööri. Vantaa 11.3.2013. Haastattelu.

Mähönen, T. 2012. Projekti-insinööri. Hyvinkää 23.4.2013. Haastattelu.

Mäkinen, M., Kallio, R., Tantarimäki, R. 2009. Prosessiteollisuuden sähkö- ja automaatioasennukset. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.

Pihkala, J. 2004. Prosessisuureiden mittaustekniikka. Vantaa: Dark Oy.

Puska, M. 2005. Langattomat lähiverkot. Jyväskylä: Gummerus kirjapaino Oy.

Puustinen, H. 2010. Leikkuunesteiden käytön, kierrätyksen ja jätehuollon yleisopas. Kuopio: Kopijyvä Kuopio. AMK-opinnäytetyö.

Saarinen, P. 2013 menetelmäsuunnittelija. Tampere 13.3.2013. Haastattelu.

Siemens Oy yrityksen www-sivut [viitattu 6.1.2013] Saatavissa:

http://www.siemens.fi/fi/industry/teollisuuden_tuotteet_ja_ratkaisut/tuotesivut/automaatiotekniikka/teollinen_tiedonsiirto_esim_profinet/vaylamuunnokset.htm

Tuomola, P. 2013. Automaatioasentaja. Hollola 4.1.2013. Haastattelu.